



Geografia

Volume 2



R345 Rehme, Francisco Carlos.

Geografia : ensino médio / Francisco Carlos Rehme, Mauro Michelotto Braga ; ilustrações Divanzir Padilha ... [et al.] – Curitiba : Positivo, 2015.
v. 2 : il.

Sistema Positivo de Ensino
ISBN 978-85-385-9473-4 (Livro do aluno)
ISBN 978-85-385-9474-1 (Livro do professor)

1. Geografia. 2. Ensino médio – Currículos. I. Braga, Mauro Michelotto. II. Padilha, Divanzir. III. Título.

CDD 373.33

©Editora Positivo Ltda., 2015

Presidente: Ruben Formighieri

Diretor-Geral: Emerson Walter dos Santos

Diretor Editorial: Joseph Razouk Junior

Gerente Editorial: Júlio Röcker Neto

Gerente de Arte e Iconografia: Cláudio Espósito Godoy

Autoria: Francisco Carlos Rehme e Mauro Michelotto Braga

Supervisão Editorial: Jeferson Freitas

Edição de Conteúdo: Marcelo Smaniotto (Coord.) e Leandro José Ribeiro Guimarães

Edição de Texto: Kathia Gavinho Paris

Revisão: Alessandra Cavalli Esteche

Supervisão de Arte: Elvira Fogaça Cilka

Edição de Arte: Tatiane Esmanhotto Kaminski

Projeto Gráfico: YAN Comunicação

Ícones: ©Shutterstock/ericlefrancais, ©Shutterstock/Blinka, ©Shutterstock/Goritz e ©Shutterstock/Marco Prati

Imagens de abertura: @Glowimages/Michael Weber e ©Shutterstock/NatUlrich

Editoração: Kelly Adriane Hubbe

Ilustrações: Divanzir Padilha, Divo, Jack Art, Junior Heinrichs, Luis Moura, Marcelo Bittencourt, Marcos Gomes, Raqsonu e Tati Kaminski

Pesquisa Iconográfica: Janine Perucci (Supervisão) e Tassiane Garcez Tokarski

Cartografia: Julio Manoel França da Silva, Luciano Daniel Tulio, Mariane Félix da Rocha, Marilu de Souza e Talita Kathy Bora

Engenharia de Produto: Solange Szabelski Druszcz

Produção

Editora Positivo Ltda.

Rua Major Heitor Guimarães, 174 – Seminário

80440-120 – Curitiba – PR

Tel.: (0xx41) 3312-3500

Site: www.editorapositivo.com.br

Impressão e acabamento

Gráfica e Editora Posigraf Ltda.

Rua Senador Accioly Filho, 431/500 – CIC

81310-000 – Curitiba – PR

Tel.: (0xx41) 3212-5451

E-mail: posigraf@positivo.com.br

2018

Contato

editora.spe@positivo.com.br

Todos os direitos reservados à Editora Positivo Ltda.

Sumário

Acesse o livro digital e conheça os objetos digitais e slides deste volume.

04

Geologia: estrutura e idade da Terra 4

Evolução dos sistemas da Terra	6
Tempo da Terra e tempo da humanidade	8
Minerais e rochas	13
Viagem ao centro da Terra	17
Litosfera fragmentada: da Teoria da Deriva Continental à Tectônica das Placas	20

05

Geologia e relevo: mundo e Brasil 27

Modeladores e escultores do relevo: agentes internos e externos	28
Bases geológicas e grandes compartimentos do relevo mundial atual	31
Relevos sul-americano e brasileiro	34

06

Impactos socioespaciais resultantes da dinâmica da litosfera 49

Por que ocorrem terremotos?	50
Como se formam os vulcões?	54
Áreas de risco no Brasil: a questão da ocupação em encostas	59

O projeto gráfico atende aos objetivos da coleção de diversas formas. As ilustrações, os diagramas e as figuras contribuem para a construção correta dos conceitos e estimulam o envolvimento com os temas de estudo. Assim, fique atento aos seguintes ícones:



Coloração artificial



Coloração semelhante ao natural



Fora de proporção



Formas em proporção



Imagem microscópica



Escala numérica



Fora de escala numérica



Imagem ampliada



Representação artística

Geologia: estrutura e idade da Terra



LatinStock/Corbis/National Geographic Society/Derek Von Briesen



■ Grand Canyon, Rio Colorado – EUA, 2012



Ponto de partida

Observe a paisagem do Grand Canyon, que se localiza no sudoeste dos Estados Unidos, e responda às questões propostas a seguir.

1. Que tipos de forças atuaram sobre essa paisagem e quanto tempo foi necessário para formá-la?
2. Que informações podemos enumerar acerca das camadas que se sobrepõem nas paredes do cânion?

Objetivos da unidade:

- compreender a interdependência entre os sistemas que compõem a Terra (atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera);
- identificar os diferentes processos de formação das rochas e suas inter-relações;
- perceber a dinamicidade geológica e as relações entre as diferentes camadas do interior da Terra.

Responder a perguntas como as apresentadas tem sido uma das preocupações de diversos pesquisadores que estudam a geologia e a geomorfologia do planeta Terra.

A superfície terrestre é constantemente modelada pelas forças naturais, como derrames de lava e a ação da água das chuvas. Em muitos locais, há registros nas rochas que revelam como eram as paisagens do passado geológico.

Assim, se as páginas do livro de história da Terra estão devidamente “escritas” nas rochas, o geólogo é quem as lê e as interpreta. É esse profissional quem decifra as informações presentes nas camadas rochosas de modo semelhante ao paleontólogo, que investiga os fósseis de animais ou plantas extintos no decorrer das eras, ou, ainda, como o arqueólogo, que encontra, no legado dos povos do passado, os sinais de suas culturas.

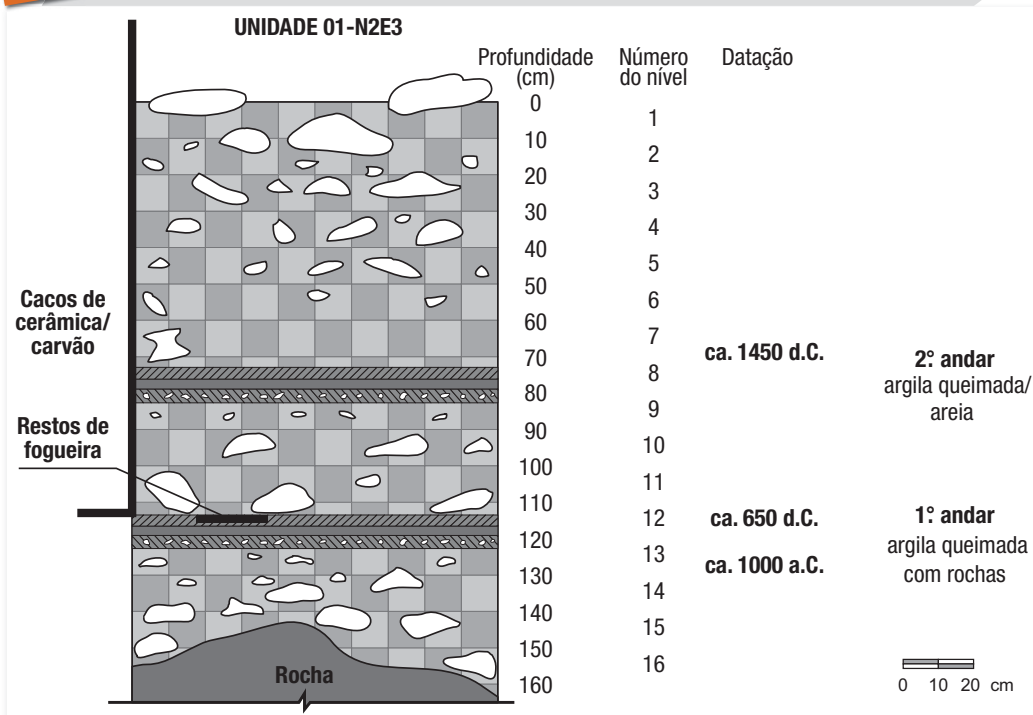


Refinando o olhar

Observe as imagens a seguir, que retratam camadas do solo ou mesmo das rochas, e note mais uma semelhança entre estes cientistas, cujos trabalhos muitas vezes se complementam: geólogos, arqueólogos e paleontólogos. Em seguida, responda à questão proposta.



Estratigrafia de escavação geológica



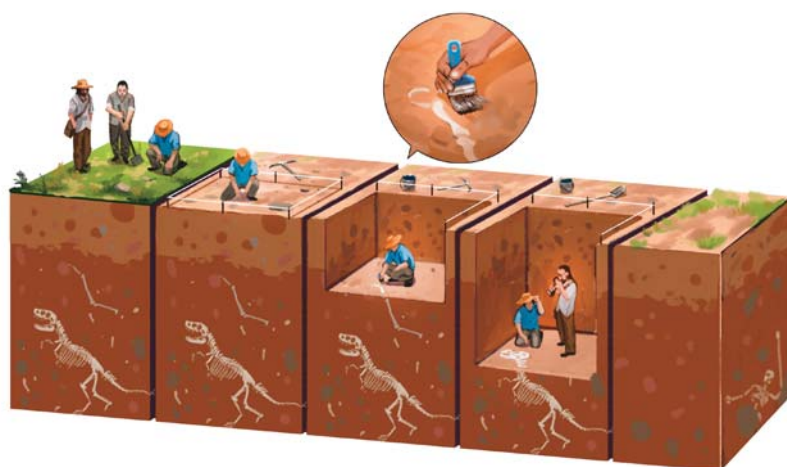
Fonte: GEODESIGN. Datação absoluta radiocarbônica (C^{14}) das ruínas de Machu Picchu, Peru. Disponível em: <http://sustentavel.geodesign.com.br/reinaldo/c14_machupicchu.html>. Acesso em: 4 maio 2014.



Estado da Califórnia – EUA, 2013



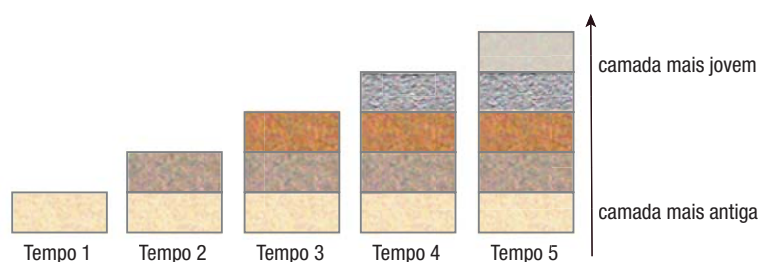
Escavação arqueológica



Fonte: FORLIN, Gabriela. *Como é feita uma escavação arqueológica*. Disponível em: <<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/como-e-feita-uma-escavacao-arqueologica>>. Acesso em: 4 maio 2014.



Camadas de rochas



Fonte: LABORATÓRIO DE PALEONTOLOGIA DA AMAZÔNIA. *Estratigrafia*. Disponível em: <http://ufr.br/lapa/index.php?option=com_content&view=article&id=%2095>. Acesso em: 4 maio 2014.

- Considerando o que você observou nas imagens, qual é a semelhança entre uma escavação arqueológica (ou mesmo paleontológica) e uma sondagem geológica das camadas de rochas?

Evolução dos sistemas da Terra

O planeta Terra é muito dinâmico. Nele, sistemas como a **atmosfera**, a **litosfera** e a **hidrosfera** interagem entre si. A biosfera, ou seja, o conjunto de formas de vida, é o resultado de tal interação. Confira, a seguir, a representação dessa inter-relação entre os sistemas da Terra.

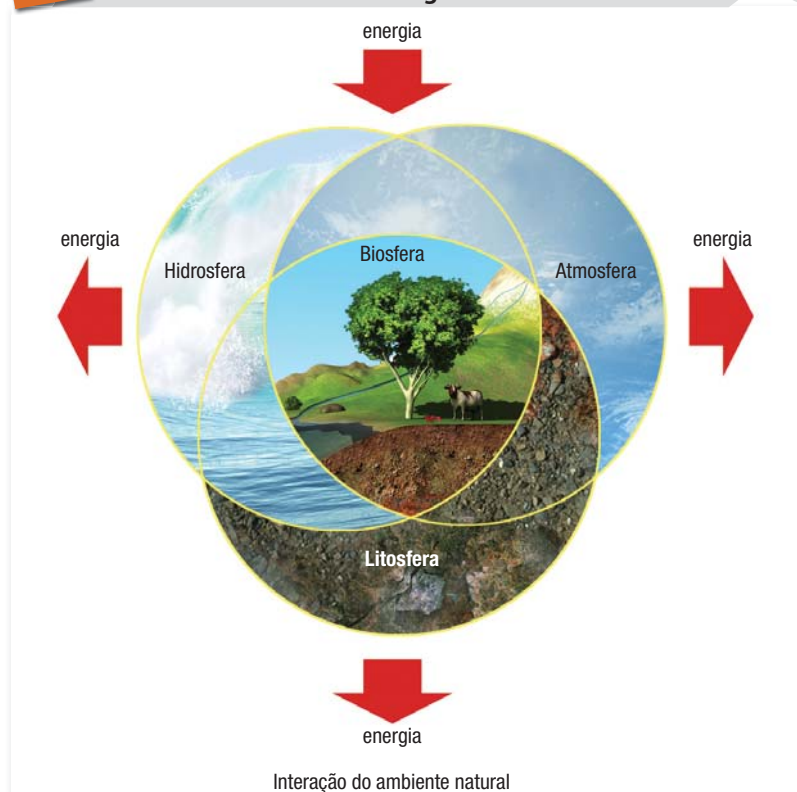
atmosfera: camada de gases que envolve a superfície.

litosfera: camada rochosa e, em especial, a estrutura dos continentes e ilhas.

hidrosfera: conjunto das águas, como as que compõem os oceanos.



Sistemas da Terra e sua mútua interação, recebendo e emitindo energia



Divó. 2013. 3D.

Fonte: CHRISTOPHERSON, R. W. *Geossistemas: uma introdução à Geografia Física*. Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 14.

Desde sua origem, há cerca de 4,6 bilhões de anos, a Terra vem passando por inúmeras transformações. De acordo com os cientistas, foram necessárias centenas de milhões de anos para que a atmosfera, a litosfera e a hidrosfera alcançassem as condições pelas quais a vida pôde se originar e nelas evoluir.

Nas primeiras centenas de milhões de anos após sua origem, a Terra ainda se resfriava. Os impactos de meteoritos e cometas, as intensas erupções vulcânicas, o contínuo resfriamento da lava e as chuvas torrenciais contribuíram para a lenta e processual formação dos sistemas que constituem as camadas do planeta. Enquanto, em uma das camadas da atmosfera, a estratosfera – a cerca de 50 km de altura acima da superfície terrestre –, uma combinação instável de três átomos de oxigênio compunha a camada de ozônio, as primeiras manifestações de vida despertavam no interior das águas oceânicas: as algas unicelulares, com origem datada de cerca de 3,6 bilhões de anos.



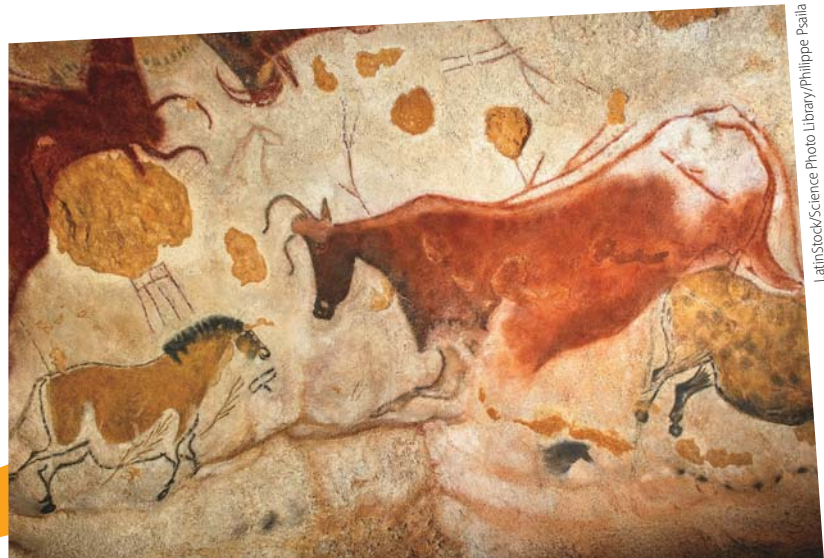
Divó. 2013. 3D.



A partir dessas primeiras espécies que habitaram os oceanos primitivos do planeta, as formas de vida foram se tornando mais complexas e se multiplicaram. Foi com base no desenvolvimento e na especialização dos seres vivos que os geólogos elaboraram a tabela do tempo geológico, que resume a história dos principais acontecimentos ambientais da Terra em unidades de tempo, como éons, eras, períodos e épocas. No decorrer desses “capítulos” da história da Terra, as espécies se diversificaram e a quantidade de indivíduos se multiplicou.

■ Há 4 bilhões de anos, a Terra era uma grande massa disforme de rochas em ebulição, bombardeada por cometas e meteoritos e sem formas de vida.

Contudo, a passagem de uma era para outra, ou de um período para outro, geralmente foi marcada pela ocorrência de importantes eventos astronômicos, geológicos ou climáticos, como impactos meteoríticos ou glaciações. Por isso, na maioria das vezes, tais transições caracterizavam-se por períodos de grandes reduções de espécies e, até mesmo, de extinções em massa.



LatinStock/Science Photo Library/Philippe Psaila

■ O fim da época denominada Pleistoceno foi marcado pela última Era do Gelo. As pinturas rupestres na Gruta de Lascaux, na França, datam dessa época.

Tempo da Terra e tempo da humanidade

Os éons são as mais longas unidades de tempo que compõem a tabela do tempo geológico. Muitos pesquisadores reconhecem quatro éons: Hadeano, Arqueano, Proterozoico e Fanerozoico. Os três primeiros e mais antigos éons compreendem um extenso período de cerca de 4 bilhões de anos, comumente denominado Pré-Cambriano. Esse período, que corresponde a 85% da existência do planeta, cobre a fase anterior ao desenvolvimento das formas mais complexas de vida. Estas, por sua vez, caracterizam o éon Fanerozoico e são exemplificadas em uma vasta diversidade de **fósseis** registrados em rochas. Observe, a seguir, a organização do tempo geológico e suas características.

fósseis: traços preservados de antigos animais e plantas, como fragmentos de ossos, conchas e folhas.

TEMPO GEOLÓGICO			
Éon	Era	Período	Principais eventos
Fanerozoico (de 542 a 0 milhões de anos – Ma)	Cenozoica “vida recente” (de 65,5 a 0 Ma)	Quaternário (de 1,8 a 0 Ma)	- O ser humano interfere na natureza, com consequências positivas e negativas, estas ainda inadequadamente conhecidas. - As geleiras continentais se retraem e o clima melhora. - A espécie humana se espalha pelo mundo.
		Terciário (de 65,5 a 1,8 Ma)	- As glaciações se intensificam. - Surgem a inteligência humana e o gênero <i>Homo</i>, nosso ancestral direto. - As florestas se retraem e as savanas se ampliam. - Ocorre a formação das grandes cadeias de montanhas. - A Terra assume sua configuração geográfica atual.
	Mesozoica “vida intermediária” (de 251 a 65,5 Ma)	Cretáceo (de 146 a 65,5 Ma)	- Extinção dos dinossauros. - Formam-se as bacias costeiras, que dão origem a depósitos de petróleo. - Separação da América do Sul e África.

Éon	Era	Período	Principais eventos
Fanerozoico (de 542 a 0 milhões de anos – Ma)	Mesozoica “vida intermediária” (de 251 a 65,5 Ma)	Jurássico (de 200 a 146 Ma)	• Surgem as primeiras aves. • Domínio dos dinossauros.
		Triássico (de 251 a 200 Ma)	• Surgem os dinossauros, outros répteis e mamíferos.
	Paleozoica “vida antiga” (de 542 a 251 Ma)	Permiano (de 299 a 251 Ma)	• Agregação do supercontinente Pangeia.
		Carbonífero (de 359 a 299 Ma)	• Surgem os primeiros répteis. • Formam-se grandes depósitos de carvão mineral no Hemisfério Norte.
		Devoniano (de 416 a 359 Ma)	• Surgem as primeiras florestas, os anfíbios e os insetos.
		Siluriano (de 444 a 416 Ma)	• Plantas e animais invertebrados invadem os continentes.
		Ordoviciano (de 488 a 444 Ma)	• Surgem peixes e plantas muito simples.
Proterozoico (de 2,5 bilhões a 542 milhões de anos)	Os éons Hadeano, Arqueano e Proterozoico são conhecidos pelo termo informal Pré-Cambriano (Era Pré-Cambriana)	Cambriano (de 542 a 488 Ma)	• Disseminação de organismos marinhos, como moluscos.
			• Aumento do oxigênio na atmosfera. • Formam-se grandes depósitos minerais metálicos.
			• Surgem os primeiros seres vivos (bactérias e fungos). • Formação da crosta terrestre. • Chuvas intensas dão origem aos oceanos.
Arqueano (de 3,85 a 2,5 bilhões de anos)			• Ausência de vida. • Formam-se as primeiras rochas. • Resfriamento da Terra: vapores e gases dão início à formação da atmosfera. • Fase de acreção da Terra.
Hadeano (de 4,56 a 3,85 bilhões de anos)			

Fonte: TEIXEIRA, Wilson et al. (Org.). *Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 621-623.

A datação das rochas em seus ambientes de formação e a consequente elaboração da tabela do tempo geológico iniciaram há mais de um século, após a descoberta da radioatividade.

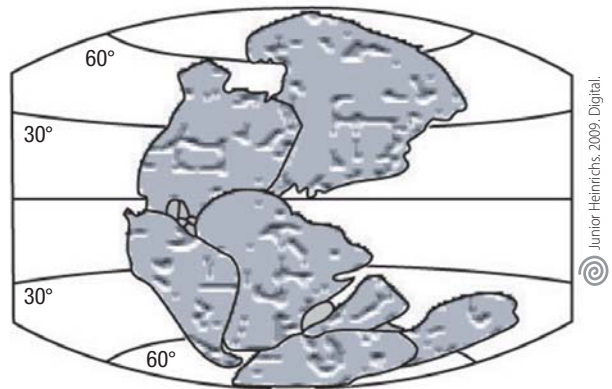
Durante a Era Pré-Cambriana, ocorreu a formação dos oceanos e dos continentes primitivos. Por um longo período, apenas as águas oceânicas reuniam condições ambientais que possibilitaram o desenvolvimento das primeiras formas de vida: algas e cianobactérias (primeiros fósseis de bactérias encontrados). Os registros fósseis mais antigos desses seres unicelulares datam de cerca de 3,6 bilhões de anos. O resfriamento do magma nas porções emersas (acima do nível das águas oceânicas) deu origem aos mais antigos continentes, muito diferentes dos que conhecemos na atualidade.

Natureza Brasileira/Zig Koch



■ As rochas que formam a Serra do Mar, que se estende da faixa leste de Santa Catarina ao Rio de Janeiro, datam da Era Pré-Cambriana. Pico Paraná (1 877 m), Serra do Mar – PR, 2010.

A junção dos primeiros continentes compôs, durante a Era Paleozoica, uma única massa continental e um grande oceano. Os geólogos denominaram esse supercontinente de Pangeia, que significa “todas as terras”; o oceano primitivo foi denominado Pantalassa, que quer dizer “todas as águas oceânicas”. No fim da Era Paleozoica, os ambientes pantanosos e as florestas temperadas contribuíram para a lenta e contínua formação de importantes jazidas de carvão mineral espalhadas pelo mundo.



Fonte: STRAHLER, Arthur; STRAHLER, Alan H. *Geografia Física*. Barcelona: Ediciones Omega, 1989.

■ Pangeia, há 225 milhões de anos.



Fonte: CIÊNCIA HOJE. *Fungos acabaram com o carvão há 300 milhões de anos*. Disponível em: <<http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=54685&top=all>>. Acesso em: 4 fev. 2015.

■ Paisagem característica do fim da Era Paleozoica: pântanos e florestas, condições propícias para a formação do carvão mineral.

No início da Era Mesozoica, há cerca de 240 milhões de anos, o supercontinente Pangeia começou a se dividir, originando duas massas continentais: Laurásia, ao norte, e Gondwana, ao sul. A América do Norte e quase toda a Eurásia atuais compunham o continente de Laurásia, enquanto Gondwana se constituía de partes da América do Sul, África, Índia, Península Arábica, Austrália e Antártica.

Nessa era célebre em razão de ser aquela em que viveram os dinossauros, houve intensa atividade vulcânica. Entre os maiores derrames de lava da história da Terra, estão os que cobriram parte das atuais regiões da Sibéria, da Bacia do Paraná (no centro-sul do Brasil e em parte do Paraguai e da Argentina) e do Planalto de Decã, na Índia. Além de fontes de águas termais, que podem ser exploradas para atividade turística, os solos originados da desagregação das rochas basálticas, formadas pelo magma, apresentam elevada fertilidade.

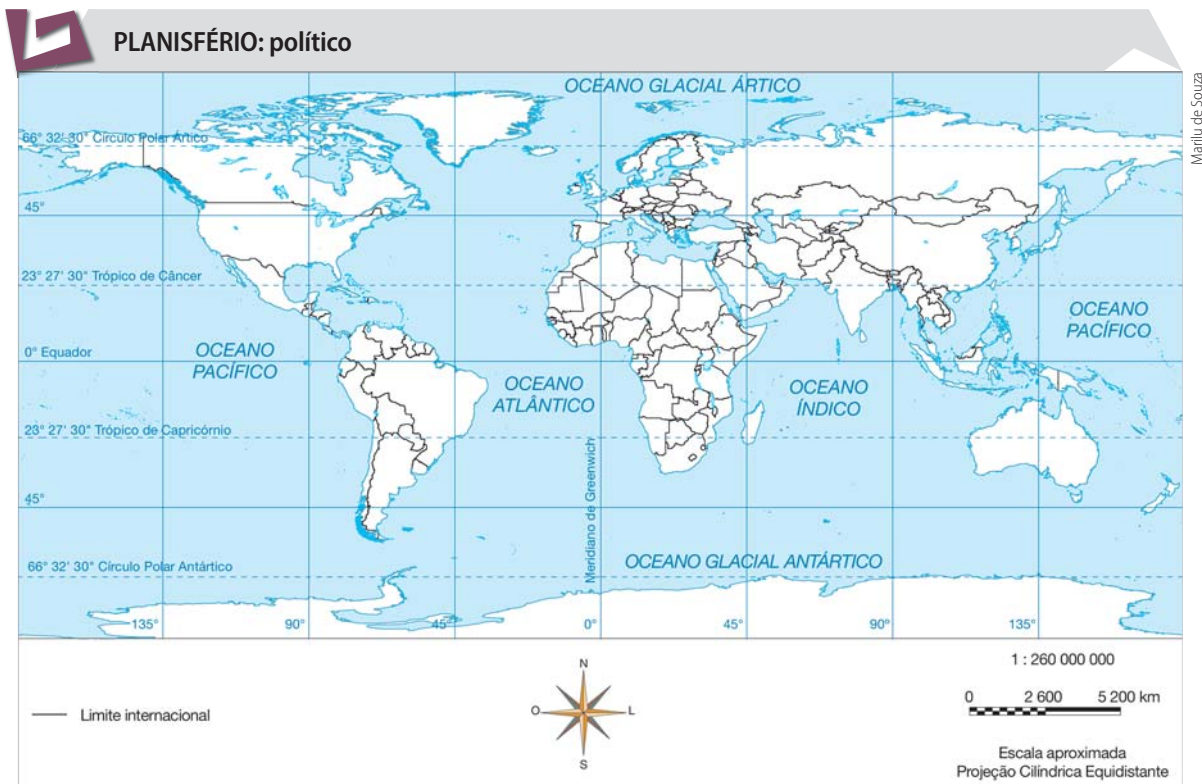


Fonte: BBC. *Jurassic Period*. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/nature/history_of_the_earth/Jurassic>. Acesso em: 13 maio 2014.

■ A Era Mesozoica foi marcada por grande atividade vulcânica.



Marque, no planisfério político a seguir, as regiões que sofreram grandes derrames de lava. Para isso, consulte o planisfério físico de um atlas geográfico.



O antigo continente de Gondwana começou a se dividir há pouco mais de 100 milhões de anos, no Período Cretáceo da Era Mesozoica. Com o afastamento das atuais terras brasileiras e africanas, iniciou-se a formação do Oceano Atlântico.

O começo da era geológica em que vivemos, a Cenozoica, há cerca de 65 milhões de anos, registrou o início do processo de formação das grandes cordilheiras, como as do Himalaia, do Cáucaso, dos Andes e as Rochosas. Essa orogênese, processo de formação das montanhas, ainda não cessou, e tais cordilheiras seguem se elevando, ainda que lentamente.

As atuais planícies situadas no interior da América do Sul, como a Amazônica e a do Pantanal, foram ambientes marinhos por um longo período durante a Era Cenozoica, tornando-se partes do continente apenas nos últimos milhões de anos. Também bastante recentes na escala do tempo geológico são as áreas costeiras que formam as praias, as lagoas e as **restingas**; bem como as dunas e os manguezais da costa brasileira. Sua formação, iniciada no Período Quaternário, entre 1 milhão e 2 milhões de anos atrás, segue em andamento.

restingas: depósito arenoso paralelo à linha da costa, de forma geralmente alongada, produzido por processos de sedimentação. (Resolução nº 303/2002, Conama).



Imagem de satélite da Restinga de Marambaia – RJ, 2013

©Google earth Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO Image ©2014 DigitalGlobe Image ©2014 TerraMetrics



A Cordilheira do Cáucaso situa-se entre o Mar Cáspio, a leste, e o Mar Negro, a oeste. Ela divide dois continentes: a Europa, ao norte, e a Ásia, ao sul.

■ Muito menos visitado que os Alpes, o Cáucaso, no entanto, é a mais alta cordilheira europeia. Sua formação ocorreu no início da Era Cenozoica. Georgia, 2012.



Conexões

Considerando-se a idade da Terra (4,6 bilhões de anos), a história da humanidade é muito recente. Uma forma interessante de comparar o tempo da Terra com o tempo da humanidade é concentrar a história do planeta em 24 horas, ou seja, em apenas um dia. O texto da página seguinte apresenta tal comparação.

Diário da Terra

Um instante após a meia-noite, a Terra “nasce”, junto de outros astros do Sistema Solar. Por volta das 4 h 10 min, formam-se os primeiros seres vivos: algas e bactérias unicelulares. Apenas às 11 horas da manhã desenvolvem-se os primeiros seres que apresentam núcleos em suas células, compondo o que chamamos de eucariontes. Contudo, é bem mais tarde, por volta das 20 h 08 min, que se originam os primeiros seres multicelulares. Esse acontecimento determina o nascimento de uma nova era, a Paleozoica, na qual as plantas começam a se desenvolver fora da água e, assim, a vida coloniza as terras continentais e as ilhas. É também ao longo dessa era que os peixes, os anfíbios e os primeiros répteis aparecem. Um pouco antes das 22 horas, encontramos um supercontinente na Terra: a Pangeia. É sobre as terras da Pangeia que evoluem os grandes répteis, os dinossauros, os quais por tanto tempo “reinarão” entre os demais seres, entre 22 h 12 min, quando apareceram, e 23 h 40 min, quando os últimos grandes répteis foram extintos. Antes disso, a Pangeia já havia se dividido: ao norte, formou o continente de Laurásia e, ao sul, de Gondwana. Em Gondwana, agrupavam-se parte das terras que futuramente iriam formar a América do Sul, a África, a Austrália, a Antártica, a Índia, entre outras. Às 23 h 25 min, portanto, pouco mais de meia hora atrás, a ruptura de Gondwana começou a formar os oceanos Atlântico e Índico. Nesse momento, os mamíferos já haviam aparecido. Faltando dois minutos para 0 hora, às 23 h 58 min, formam-se os primeiros hominídeos, da espécie *Ardipithecuskadabba*. A confecção de instrumentos e o domínio do fogo, importantes tanto para a sobrevivência quanto para o desenvolvimento dos hominídeos, ocorreram há apenas oito segundos: às 23 h 59 min 52 seg. Quatro segundos depois, eis que desponta o *Homo sapiens sapiens*, o homem moderno. Há apenas um segundo, a linguagem simbólica é desenvolvida. Meio segundo mais tarde, o homem de Neanderthal (*Homo sapiens neanderthalensis*) é extinto. Em menos de dois décimos de segundo, florescem, às margens de rios do Oriente como o Eufrates e o Tigre, o Indo e o Ganges, o Yang-Tsé e o Huang-Ho ou ainda o Nilo, as primeiras sociedades agrícolas e, nesses mesmos vales, as primeiras cidades da Terra. Em frações muito menores de tempo, a cerca de um centésimo de segundo, os espanhóis e portugueses se lançam ao mar com suas caravelas. Inicia-se o período das Grandes Navegações. Exatamente há um centésimo de segundo, as terras brasileiras e de toda a América são ocupadas, exploradas e povoadas pelos europeus.

Fontes: Natural History Museum (London, RUN); Smithsonian Institution National Museum of Natural History (Washington D.C., EUA); Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP).



Em relação à história do planeta Terra, o que se pode afirmar a respeito do tempo vivido pelas sociedades humanas? Registre suas ideias e, depois, compartilhe-as com os colegas.

Minerais e rochas

Os minerais constituem-se por meio de processos naturais e apresentam uma forma própria, sendo, portanto, sólidos homogêneos. Além disso, são inorgânicos, ou seja, não são formados por organismos. Forjados pela combinação de diferentes elementos químicos, os minerais apresentam uma estrutura cristalina, isto é, um arranjo tridimensional e periódico de átomos.

■ O quartzo, formado predominantemente por silício e oxigênio, é um dos minerais mais encontrados na superfície da Terra.



©Shutterstock/Photo Fun

Apesar da grande variedade de minerais conhecidos, apenas pouco mais de uma dezena deles são considerados integrantes das rochas mais abundantes na crosta terrestre.

Ciclo das rochas

Em relação à forma como se originam, as rochas, que são um agregado de minerais, classificam-se em magmáticas ou ígneas, sedimentares e metamórficas. As primeiras rochas originaram-se após o resfriamento do magma, há bilhões de anos, no Éon Arqueano. As metamórficas e as sedimentares, por sua vez, estruturaram-se por meio das transformações ocorridas em rochas primitivas. Contudo, o processo de formação das rochas e de suas modificações ocorre de modo contínuo. Neste exato momento, rochas são formadas ou transformadas, bem como desfeitas. É o ciclo das rochas.



©Shutterstock/Michal B812



©Shutterstock/Tyler Boyes



► O granito é uma rocha ígnea, o arenito é uma rocha sedimentar e o mármore é uma rocha metamórfica.

Quando o magma se resfria ainda no interior da crosta, a centenas de metros abaixo da superfície, a rocha formada é classificada como magmática intrusiva ou plutônica – como é o caso do granito. Já quando o magma se resfria na superfície, forma-se uma rocha magmática extrusiva ou vulcânica. O basalto, encontrado tanto no fundo oceânico quanto em superfícies continentais que, por um período de tempo, estiveram cobertas por lava, é um exemplo desse tipo de rocha ígnea.

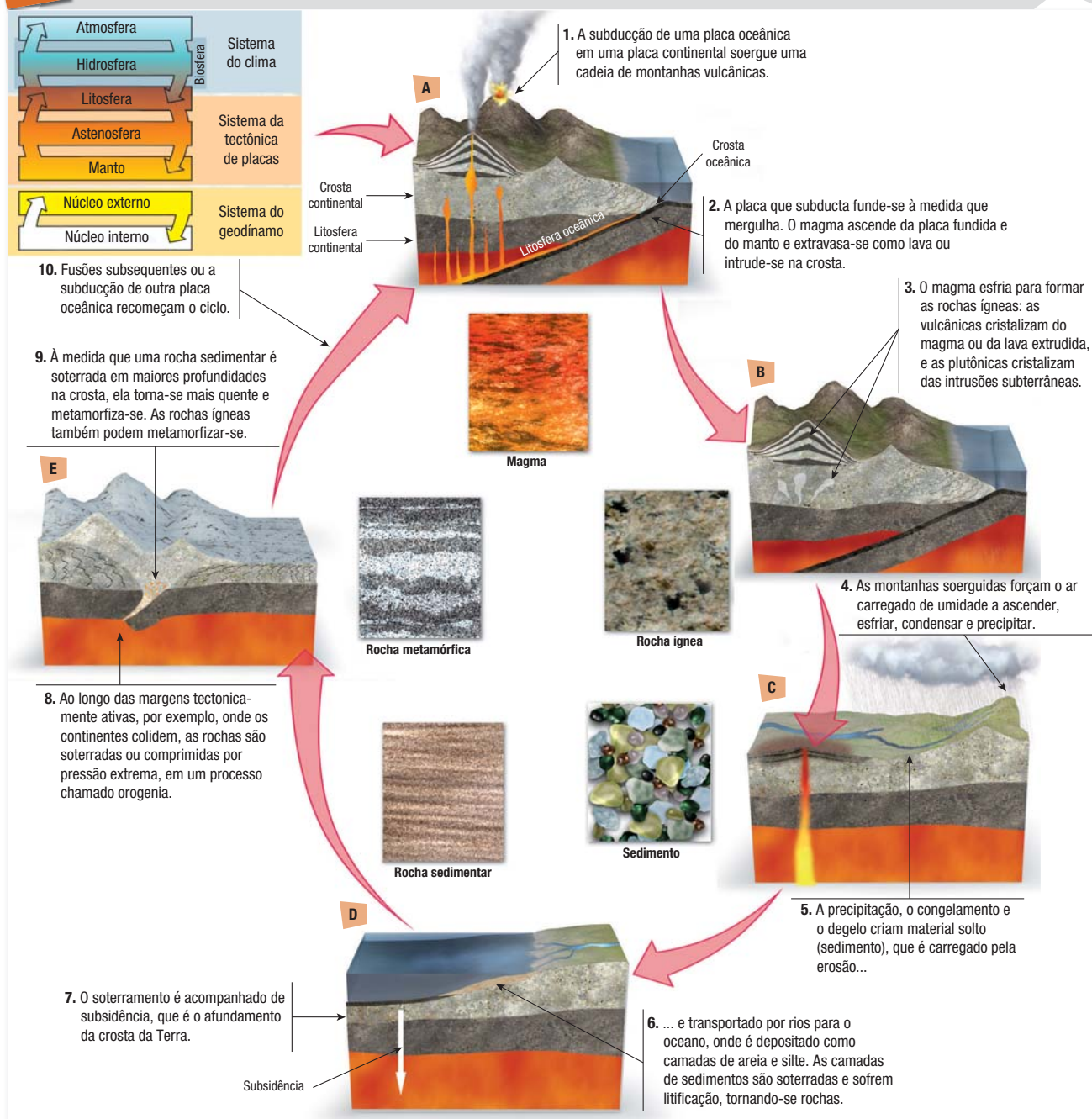


Pulsar Imagens/Ernesto Reghian

► Com atividade vulcânica há cerca de 1,7 milhão de anos, o Arquipélago de Fernando de Noronha é formado por rochas magmáticas extrusivas. Foto de 2012.



Ciclo das rochas



Fonte: PRESS, Frank et al. *Para entender a Terra*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. p. 112.

intemperismo: processo de desagregação das rochas provocado por diferentes fatores, como a ação das variações de temperatura e pressão, das chuvas, dos ventos, dos rios e mares, das geleiras e das raízes das plantas.

Submetidas ao **intemperismo**, as rochas mais antigas aos poucos desagregam-se, originando fragmentos de rochas denominados sedimentos. As águas e os ventos transportam esses sedimentos e os depositam em bacias, áreas mais baixas que vão sendo preenchidas pelos resíduos minerais e orgânicos.

Os sedimentos mais profundos são compactados pela pressão das camadas situadas mais acima. A essa fase em que os sedimentos soltos são transformados e agrupados em uma nova estrutura dá-se o nome de **diagênese**. Formam-se, assim, as rochas sedimentares, cujos exemplos mais conhecidos são o arenito, o calcário, o carvão mineral e o folhelho.



■ Relevo esculpido sobre rocha arenítica, Jalapão – TO, 2014



■ Formações calcárias da Gruta da Pratinha, Chapada Diamantina – BA, 2012

Ao serem submetidas a fortes pressões e altas temperaturas, especialmente nas camadas mais profundas, as rochas preexistentes sofrem alterações em suas estrutura, textura, composição mineralógica ou, até mesmo, em sua composição química. É o metamorfismo que origina uma nova categoria de rochas: as metamórficas. Entre os exemplos mais conhecidos dessas rochas, podem-se citar o mármore (metamorfismo de rochas calcárias), o quartzito (metamorfismo de rochas areníticas), o gnaiss e o migmatito (formados pelo metamorfismo de rochas graníticas).

Sob elevadas pressões provenientes do interior da Terra – como as que derivam das forças tectônicas, capazes de fraturar a crosta e mover seus pedaços (denominados Placas Tectônicas) ou, até mesmo, mergulhá-los em direção ao manto –, as rochas já estruturadas podem sofrer fusão. As rochas então derretidas convertem-se em magma, que, ao ser lançado à superfície, resfria-se e consolida-se em uma nova rocha magmática. E o ciclo prossegue incessantemente.



■ Pedreira desativada composta de rocha metamórfica (migmatito) no Parque Tanguá, Curitiba – PR, 2012

Uso das rochas na tecnologia

Achados arqueológicos no mundo todo revelam que, por milênios, os seres humanos transformaram intencionalmente as rochas para uso cotidiano, especialmente com a finalidade de caça, guerra e preparo de alimentos. As designações Paleolítico (“velha idade da pedra” ou, ainda, “idade da pedra lascada”) e Neolítico (“nova idade da pedra” ou “idade da pedra polida”), que correspondem a diferentes fases da história da humanidade, destacam a antiguidade do uso das rochas.

No decorrer do tempo, a utilização de diferentes técnicas possibilitou o emprego das rochas em uma grande variedade de finalidades, tais como: materiais de construção e pavimentação e matéria-prima para as indústrias química, metalúrgica, siderúrgica e eletrônica.

Conexões

Observe as imagens a seguir e registre os diferentes usos para a extração de rochas.



Pulsar Imagens/Rogério Reis



Pulsar Imagens/Daniel Gymbalista



LatinStock/Reuters/Atef Hassan



LatinStock/Science Photo Library/Ria Novosti

Viagem ao centro da Terra

A exploração direta do interior da Terra continua sendo uma possibilidade apenas para as obras de ficção, como a história do livro *Viagem ao centro da Terra*, de Júlio Verne. A mais pretensiosa escavação realizada pelo ser humano, na Península de Kola – Rússia, não alcançou sequer 15 km de profundidade, o que representa apenas um arranhão superficial no planeta, cujo raio mede, aproximadamente, 6 370 km.

Assim, as informações disponíveis sobre a estrutura interna da Terra, como a espessura de cada camada, seu estado físico e sua composição química predominante, são obtidas de forma indireta. Para tanto, os cientistas valem-se da análise do interior de outros corpos celestes contemporâneos ao planeta Terra (como os meteoritos), dos materiais liberados pelas erupções vulcânicas e, principalmente, das ondas sísmicas propagadas durante os terremotos.

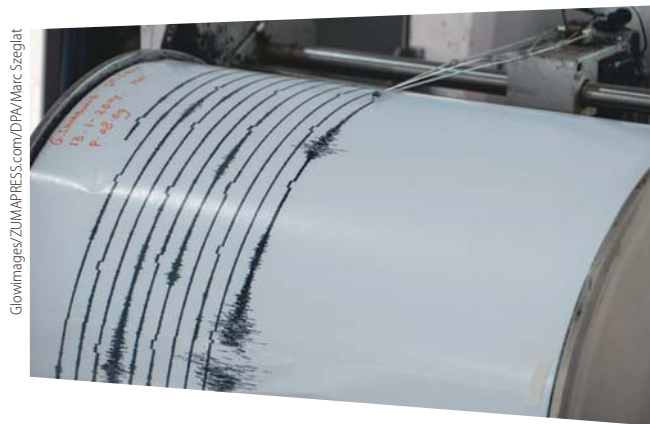


LatinStock/Science Photo Library/Look At Sciences/Anakaopress



Glowimages/AP Photo/Pier Paolo Cito

■ Geólogos coletam amostras de lavas de vulcões nas Ilhas Reunião, 2007, e Monte Etna, perto de Nicolosi, Itália, 2001.



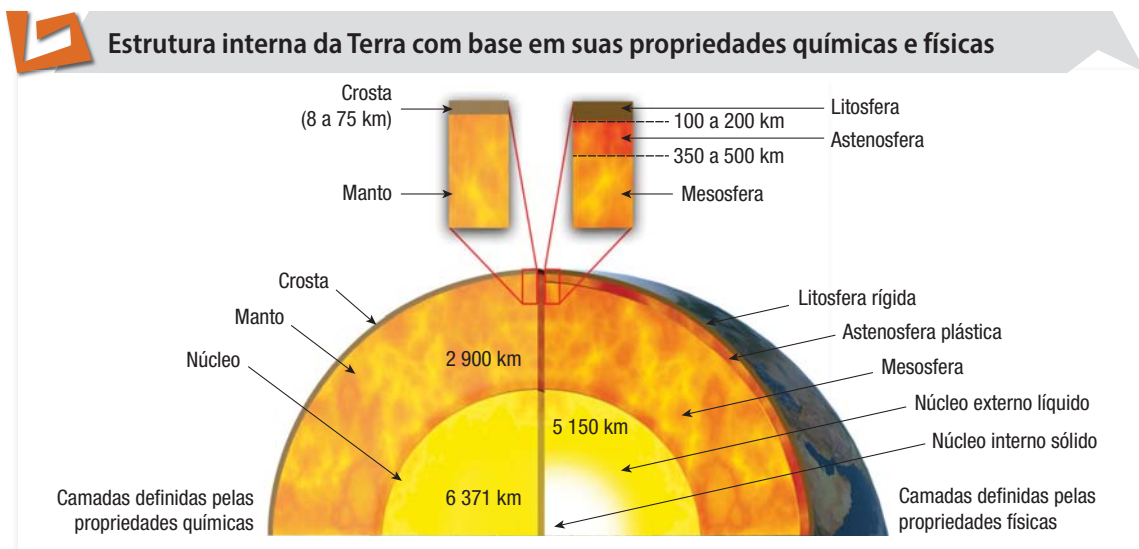
Glowimages/ZUMAPRESS.com/DPV/Marc Szeglat

Os sismógrafos, aparelhos que detectam os tremores de terra, registram a travessia das ondas sísmicas pelas camadas internas do planeta até elas alcançarem e vibrem na superfície. Quando passam de uma camada para outra, as ondas sísmicas mudam sua direção e velocidade de propagação. Tais sinais possibilitam a identificação das diferentes camadas que compõem o interior da Terra e a compreensão de suas extensões.

■ Sismograma: registro de um abalo por um sismógrafo.

Camadas da Terra

A estrutura interna do planeta Terra pode ser classificada considerando-se suas propriedades físicas e químicas.



Divanzir Padilha, 2010. Digital.

Fonte: HAMBLIN, W. Kenneth; CHRISTIANSEN, Eric H. *Earth's dynamic systems*. New Jersey: Prentice Hall, 1998. p. 13.

Conforme pode ser analisado na imagem, as camadas que compõem o interior da Terra são classificadas de acordo com suas propriedades físicas ou químicas. A caracterização da crosta, do manto e do núcleo descrita a seguir baseia-se na classificação dessas camadas de acordo com suas propriedades químicas.

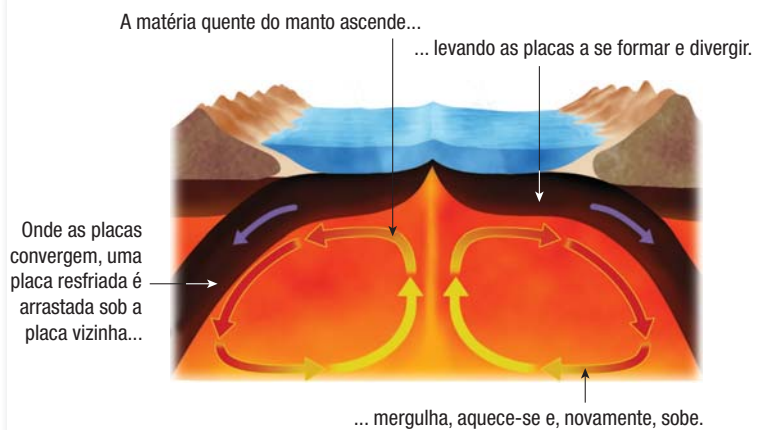
A crosta apresenta-se sólida e é composta de rochas cujos elementos químicos predominantes são o silício e o alumínio. Sua espessura é bastante variável, alcançando cerca de 70 km sob as principais cadeias de montanhas e em torno de 7,5 km sob os oceanos.

O manto, onde predominam o silício e o magnésio, é constituído por magma. As diferenças de temperatura e pressão causam o deslocamento de correntes de magma, que sobem e descem ao longo da camada. As correntes convectivas do magma são de grande importância para compreender o movimento dos imensos blocos da crosta denominados Placas Tectônicas.

O núcleo é predominantemente constituído de níquel e ferro. Sua densidade aumenta de acordo com a profundidade.



Correntes de convecção de magma no manto

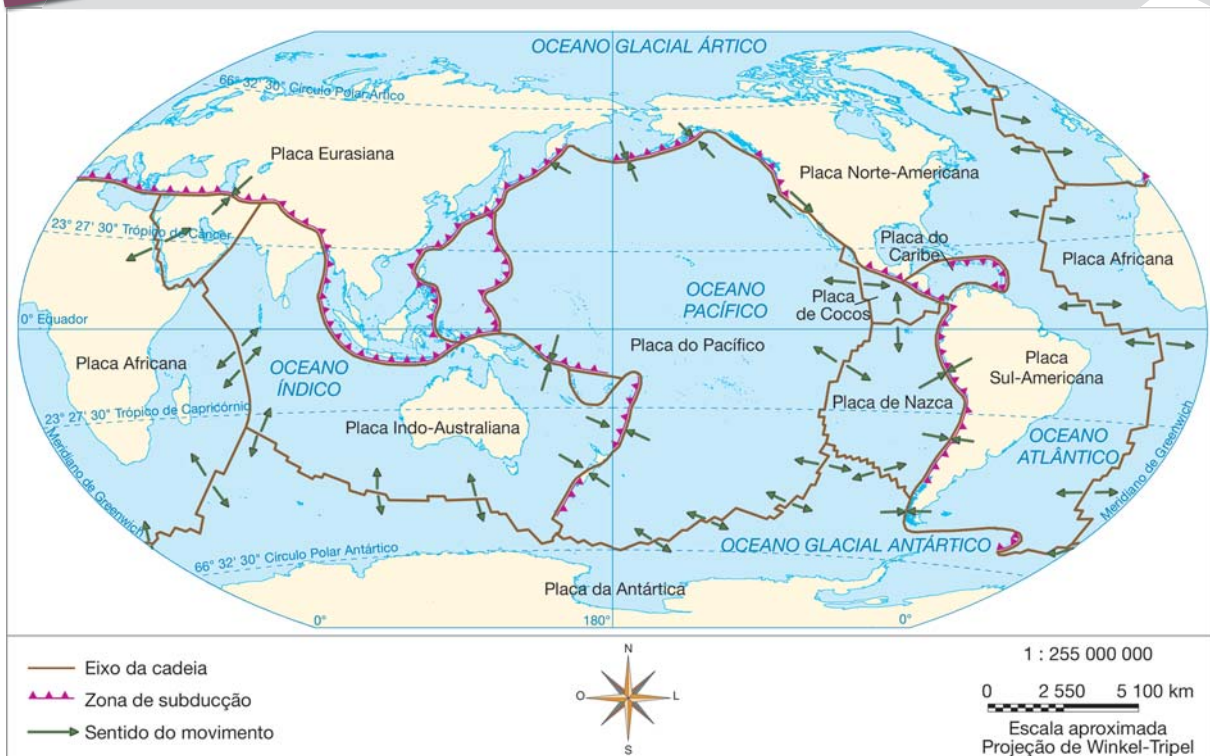


Marcos Gomes, 2010. Digital.



PRINCIPAIS PLACAS TECTÔNICAS

Luciano Daniel Tullio



Fonte: WICANDER, Reed; MONROE, James S. *Fundamentos de Geologia*. Tradução de Harue Ohara Avritcher. Revisão técnica de Maurício Antônio Carneiro. São Paulo: Cengage Learning, 2009. p. 36. Adaptação.

Litosfera fragmentada: da Teoria da Deriva Continental à Tectônica das Placas

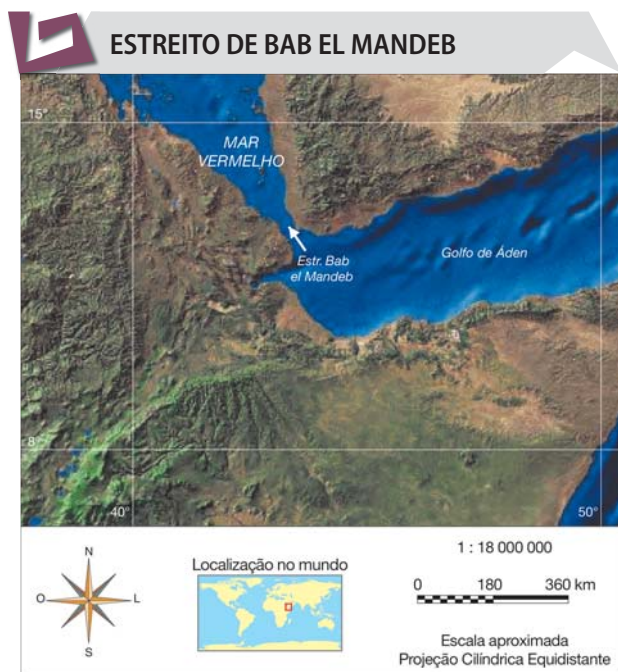
Tão logo os primeiros mapas-múndi foram produzidos, como resultado das descobertas obtidas com as Grandes Navegações dos séculos XV e XVI, as semelhanças no contorno de algumas costas continentais foram notadas.

A complementaridade dos contornos dos litorais da América do Sul e da África, intermediados pelo Oceano Atlântico, é bastante sugestiva. Além disso, um olhar mais atento em outras áreas representadas no planisfério revelará outros contornos coincidentes.



Refinando o olhar

Analise a imagem de satélite a seguir.

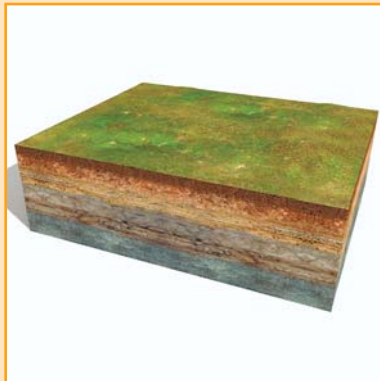


Fonte: IBGE. *Atlas geográfico escolar*. 6. ed. Rio de Janeiro, 2012. Adaptação.

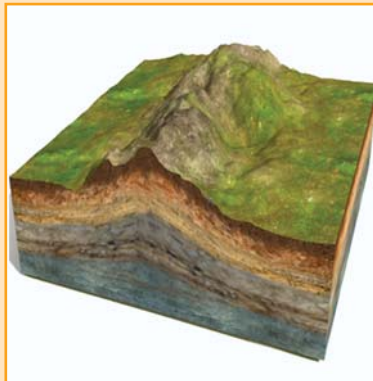
As margens continentais da área representada são quase paralelas e sua junção não é difícil de se presumir. Identifique que parte do mundo é retratada na imagem.

Motivado pelas semelhanças físicas de alguns contornos continentais e por estudos geológicos, o meteorologista alemão Alfred Wegener propôs, em 1912, a Teoria da Deriva Continental. Por meio dela, o cientista sugeriu que os blocos continentais poderiam tanto afundar ou levantar-se sobre uma camada inferior de magma quanto deslizar-se horizontalmente. Poderosas forças horizontais, ainda que desconhecidas, moveriam tais blocos, contorcendo ou dobrando as estruturas rochosas reveladas nas camadas de rochas das grandes cordilheiras, como as do Himalaia, dos Alpes e dos Andes.

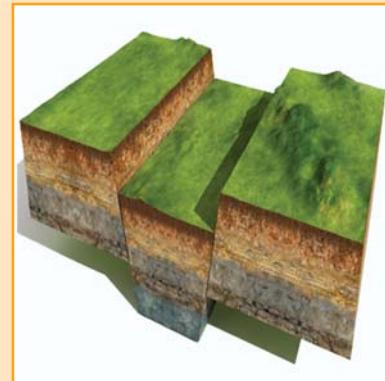
Dobras e falhas



Divo. 2014. Digital.



Divo. 2012. Digital.



Divo. 2012. Digital.

Avançando em sua teoria, Wegener constatou semelhanças geológicas (como tipos de rochas, idade de formação e presença de fósseis de mesmas espécies) entre os planaltos brasileiros e os africanos. Alguns fósseis de plantas e répteis idênticos foram encontrados não apenas na América do Sul e na África, mas também na Índia, na Antártica e na Austrália.

O agrupamento dos continentes, formando um supercontinente (Pangeia), já era, portanto, defendido pelo referido meteorologista. Contudo, a comprovação da deriva ou da movimentação dos continentes e a origem desse fenômeno somente começaram a ser esclarecidas a partir da década de 1950. As imagens obtidas por satélite, as descobertas sobre as formas de relevo do assoalho oceânico e a datação de suas rochas foram as chaves para a solução de grande parte dessas intrigantes questões. Surgiu, então, para atualizar as explicações da teoria de Wegener de acordo com as novas descobertas, a Teoria da Tectônica das Placas.

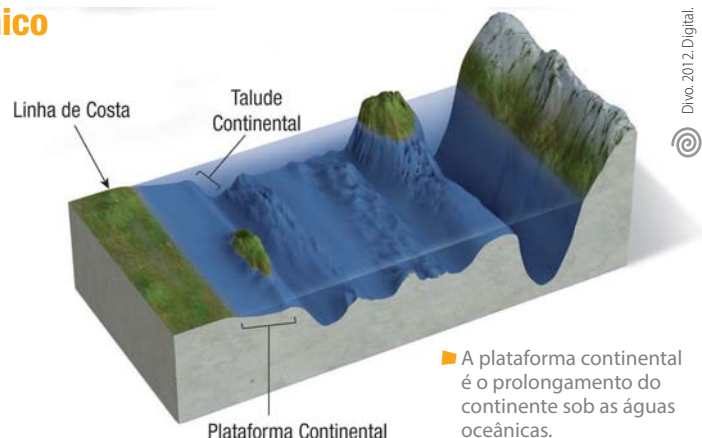


LatinStock/Album/alg-images

Alfred Wegener, autor da Teoria da Deriva Continental. Foto de 1928.

Dinâmica da litosfera e relevo oceânico

As plataformas continentais, extensões submersas dos continentes, cuja profundidade alcança cerca de 200 metros, são as formas de relevo submarino mais estudadas, bem como as mais economicamente exploradas, com destaque para a extração de petróleo. Na borda da plataforma continental, situa-se o talude e, a partir desse degrau, as profundidades se intensificam. Há, por exemplo, as bacias oceânicas, ora aparentemente planas, ora compostas de montanhas.



Divo. 2012. Digital.

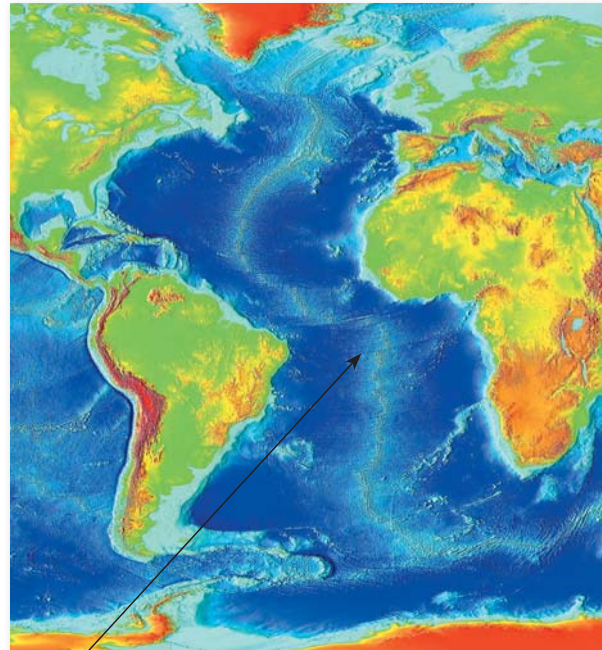
A plataforma continental é o prolongamento do continente sob as águas oceânicas.

Mais que uma superfície variada, o fundo dos oceanos, onde se situa a bacia oceânica, guarda os segredos da tectônica da Terra, ou seja, das forças internas do planeta que geram movimentos que também se manifestam na superfície terrestre. Tais segredos começaram a ser revelados com a descoberta de uma extensa rede de cadeias de vulcões ativos: as dorsais oceânicas, como a Mesoatlântica e a do Pacífico. O magma, liberado através de suas crateras e fendas, forma o assoalho dos oceanos. As forças que impulsionam o magma originário do manto até a fenda das dorsais empurram os pedaços da litosfera (as placas) para direções opostas a partir de tais cordilheiras submarinas.



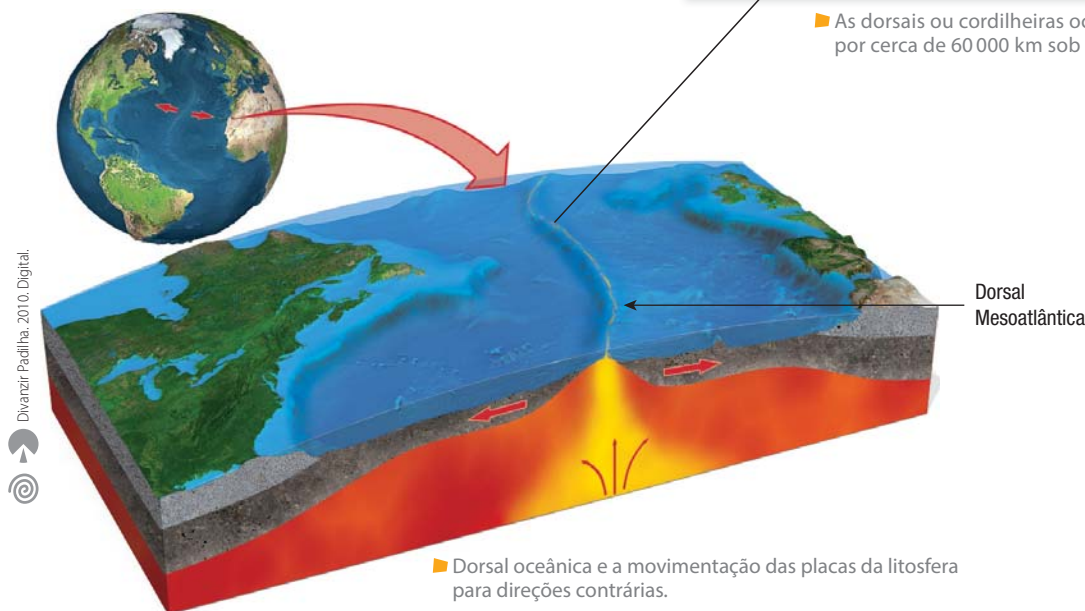
LatinStock/Alamy/Wolfgang Pölzer

■ Mergulhador na fenda da Dorsal Mesoatlântica na costa da Islândia. Foto de 2013.



© NOAA

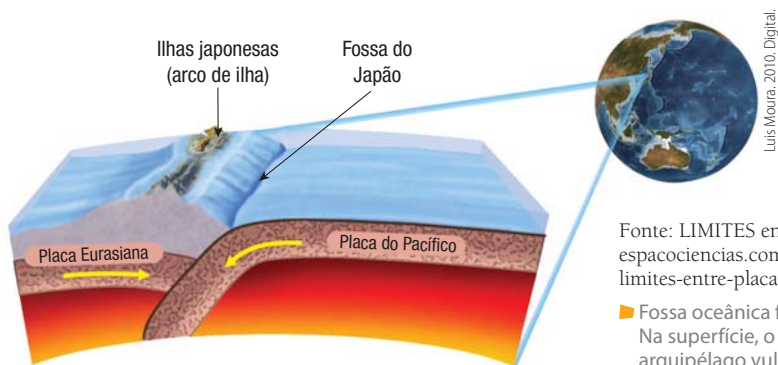
■ As dorsais ou cordilheiras oceânicas se estendem por cerca de 60 000 km sob os oceanos.



Divanzir Padilha, 2010. Digital.

■ Dorsal oceânica e a movimentação das placas da litosfera para direções contrárias.

Outra forma de relevo submarino que passou a ser mais conhecida na segunda metade do século XX foram as fossas oceânicas. Constatou-se que essas profundidades extremas dos oceanos constituíram-se pela colisão entre Placas Tectônicas de diferentes densidades. Sob a fossa oceânica, a placa da litosfera que carrega o fundo oceânico colide contra outra placa (continental) e mergulha em direção ao manto. É a chamada zona de subducção. Nela, parte das placas, formadas do magma originário do manto que extravasa na fenda das dorsais, retorna ao manto. Assim, o ciclo se completa, com a constante formação das rochas das placas da litosfera e sua reposição ao manto, na forma de magma.



Fonte: LIMITES entre placas. *Espaço Ciências*. Disponível em: <<http://espacociencias.com/site/ciencias-7o-ano/dinamica-interna-da-terra/limites-entre-placas/>>. Acesso em: 23 maio 2014.

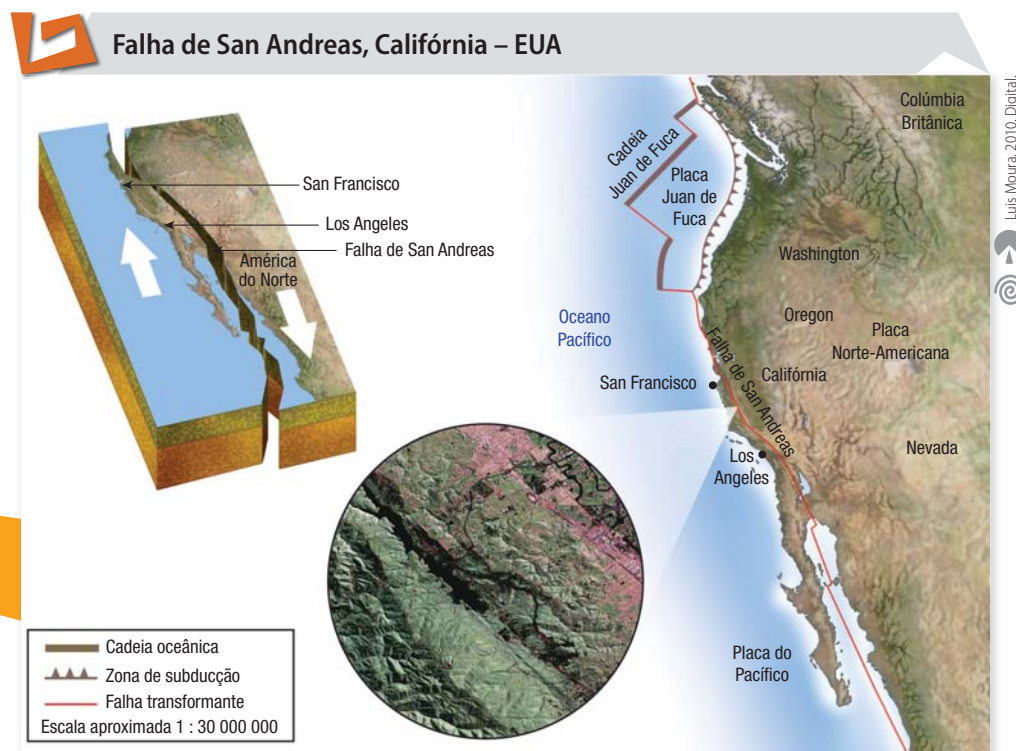
■ Fossa oceânica formada pelo encontro entre Placas Tectônicas. Na superfície, o atrito entre as placas deu origem a um arquipélago vulcânico.

Com a compreensão do papel geológico das dorsais e das fossas oceânicas, elucidou-se a dinâmica das placas da litosfera. Sobre elas, são transportados continentes e oceanos, expandindo-se ou reduzindo-se. Várias proposições de Alfred Wegener, tratadas na Teoria da Deriva Continental, foram, assim, confirmadas décadas depois.

As dorsais, ou cadeias de vulcões submarinos no assoalho dos oceanos, situam-se sobre a zona de divergência das Placas Tectônicas. Elas encontram-se exatamente sobre a fronteira entre placas litosféricas que se deslocam para direções contrárias.

Por outro lado, as profundas fossas submarinas indicam uma das zonas de convergência entre placas litosféricas: as zonas de subducção, que resultam do encontro entre placas continentais e oceânicas. O atrito entre duas placas continentais, chamado de obducção, não forma uma fossa oceânica, porém soergue uma cordilheira, como é o caso do Himalaia, cujas montanhas ainda não cessaram de se elevar.

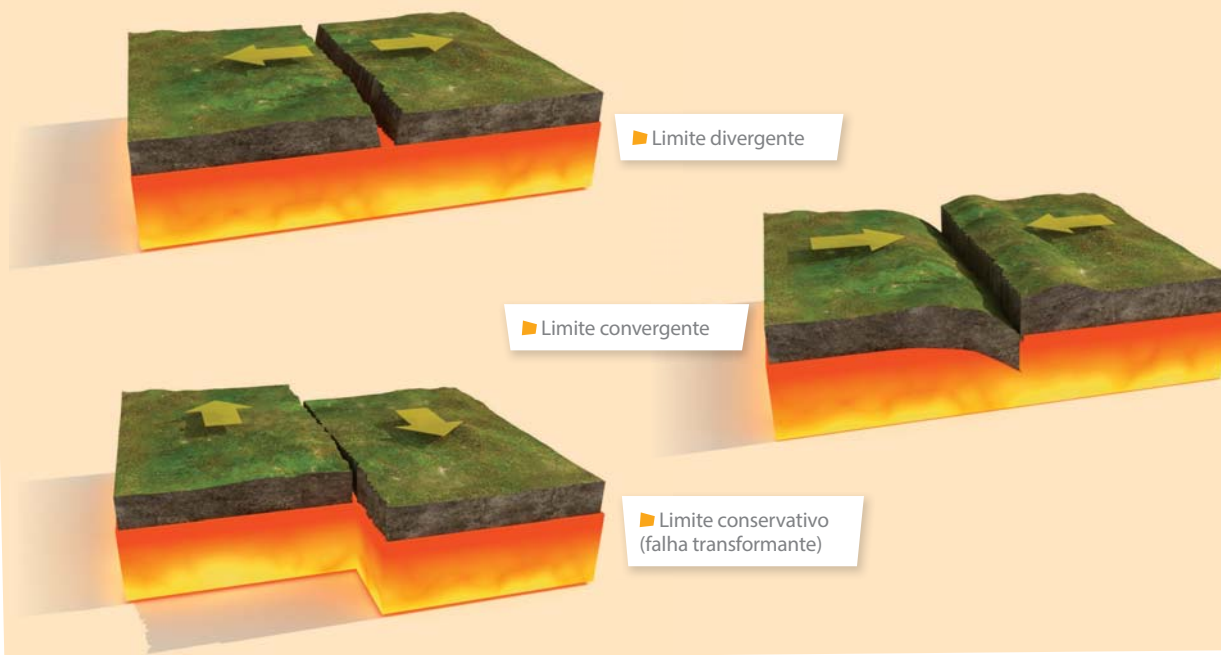
O limite entre duas placas que não se afastam entre si nem se chocam frontalmente denomina-se limite conservativo. Nele, situa-se a zona de transcorrência, onde as placas se atritam ao longo de uma falha de transformação. É o que ocorre na Califórnia, oeste dos Estados Unidos, ao longo da **Falha de San Andreas**.



Fonte: E.EXPLORE Earth. London: DK, 2006. p. 32. Adaptação.

Limites entre as placas

Esquemáticamente, portanto, podem-se sintetizar três tipos básicos de deslocamentos nos limites entre as placas.



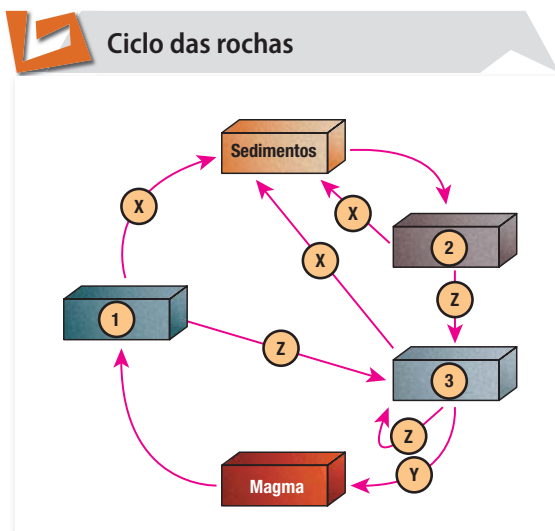
Ilustrações: Divo, 2012. Digital.

A descoberta da Deriva Continental e a compreensão de sua relação com as forças geradas nas camadas mais internas da Terra revelaram algo que, até o início do século XX, era desconhecido: os continentes e os oceanos são geologicamente dinâmicos, isto é, sua forma, extensão e a própria existência não são eternas.

Organize as ideias



Complete o esquema a seguir referente ao ciclo das rochas.



Jack Art, 2014. Digital.

Rochas:

1. _____
2. _____
3. _____

Processos:

X – _____: desgaste sofrido pela rocha.

Y – fusão: quando as rochas se tornam magma.

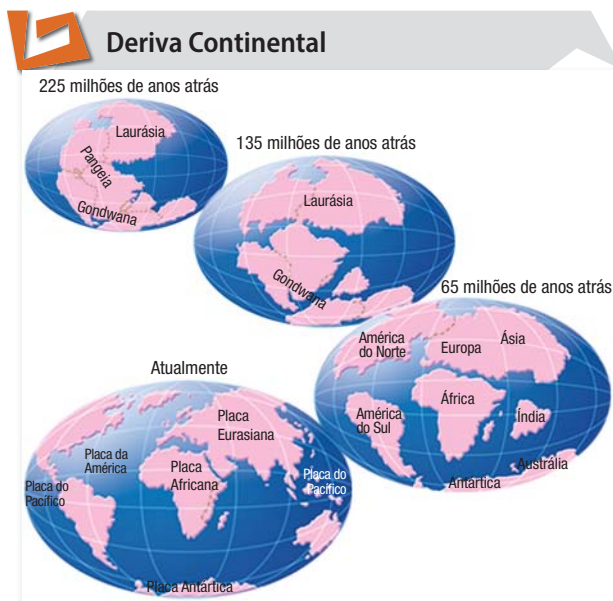
Z – metamorfismo: ocorre em razão _____

_____.

Fonte: NETXPLICA. *Ciclo das Rochas*. Disponível em: <<http://www.netxplica.com/manual/virtual/exercicios/geo10/10.GEO.ciclo.rochas.4.htm>>. Acesso em: 17 maio 2014.

Hora de estudo

1. Confira, na sequência de mapas, a Deriva Continental desde os tempos da Pangeia. Depois, responda às questões.



Fonte: NOVA ESCOLA. *Deriva Continental e a formação dos continentes*. Disponível em: <<http://revistaescola.abril.com.br/ensino-medio/plano-de-aula-geografia-deriva-continental-formacao-continentes-735243.shtml>>. Acesso em: 13 maio 2014.

- a) Descreva as principais mudanças pelas quais passaram os continentes no decorrer do período indicado em cada imagem. Utilize a tabela do tempo geológico para situar tais mudanças.

- b) Nas regiões em que porções continentais colidem, como a Índia na Ásia, além da formação de cadeias de montanhas, ocorrem outros fenômenos muitas vezes catastróficos. Que fenômenos são esses?

2. Em relação às zonas de contato entre as placas da litosfera, preencha as lacunas das frases utilizando as palavras indicadas a seguir.

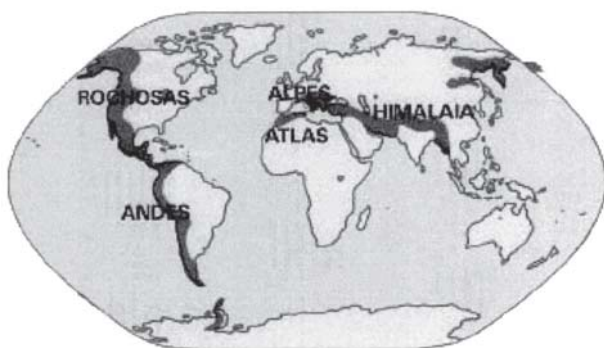
convergência – transformação – obdução
divergência – transcorrência – cordilheira – oostas
manto – subdução

- a) Zona de _____: quando as placas se afastam; portanto, seguem em direções _____.
- b) Zona de _____.
- I. _____: quando duas placas de diferentes densidades (uma oceânica e outra continental) colidem. Nesse caso, a placa oceânica, mais densa, mergulha em direção ao _____.
- II. _____: quando duas placas continentais (de mesma densidade) colidem. Nesse caso, ocorre a formação de uma _____.
- c) Zona de _____: quando duas placas resvalam ao longo de uma falha de _____.

3. (IFPR) No início do século XX, um jovem meteorologista alemão, Alfred Wegener, levantou uma hipótese que hoje se confirma, qual seja: há 200 milhões de anos, os continentes formavam uma só massa, a Pangeia, que em grego quer dizer “toda a terra”, rodeada por um oceano contínuo chamado de “Pantalassa”. Com a intensificação das pesquisas, também se pode afirmar que, além dos continentes, toda a litosfera se movimenta, pois se encontra seccionada em placas, conhecidas como “Placas Tectônicas”, que flutuam e deslizam sobre a astenosfera, carregando massas continentais e oceânicas. Muitas teorias foram elaboradas para tentar explicar tais movimentos e, recentemente, descobriu-se que a explicação está relacionada:

- a) ao vulcanismo que movimenta o magma.
- b) ao princípio da isostasia (*í* = igual em força + *stásis* = parada).
- c) ao princípio formador de montanhas conhecido por orogênese.
- d) aos terremotos e vulcanismos, em razão de sua força na alteração das paisagens.
- e) ao movimento das correntes de convecção que ocorrem no interior do planeta.

4. (UEPB) No cartograma [a seguir], as áreas escuras representam as maiores elevações da Terra, formadas a partir de movimentos orogenéticos no Período Terciário, cuja ação dos agentes erosivos ainda não foi suficiente para provocar grandes desgastes.



Tais estruturas são:

- a) Bacias de afundamentos tectônicos.
 - b) Escudos cristalinos.
 - c) Bacias sedimentares.
 - d) Planaltos sedimentares.
 - e) Dobramentos modernos.
5. (UEPG – PR) Alguns países do mundo são cortados pelas mais altas e mais jovens montanhas do planeta. Sobre esse assunto, assinale o que for correto.
- (01) O Brasil apresenta montanhas geologicamente jovens na divisa entre Minas Gerais e Espírito Santo, onde se situa o Pico da Bandeira, a mais alta montanha do país.
 - (02) O Nepal é cortado pela Cordilheira do Himalaia e, na sua zona fronteira norte, conhecida como o Teto do Mundo, está o Everest, a montanha mais alta do globo.
 - (04) A Suíça é atravessada na sua metade sul pela cadeia dos Alpes, orientada no sentido leste-oeste.
 - (08) A Bolívia é cortada pela Cordilheira dos Andes, sendo que sua capital, La Paz, situa-se no Altiplano e é a capital mais alta do mundo.
 - (16) A Nigéria é cortada pelo Grande Rift e é atravessada pelas montanhas que contêm o Monte Kilimanjaro, o mais alto da África.
6. (UFRR) As rochas, assim como outros componentes do meio natural, são classificadas por meio de critérios específicos, permitindo agrupá-las segundo características semelhantes. Uma das principais classificações é a genética, em que as rochas são agrupadas de acordo com o seu modo de formação na natureza. Sob este aspecto, as rochas se dividem em três grandes grupos.
- a) Calcárias, basálticas e graníticas.
 - b) Crostáticas, continentais e oceânicas.
 - c) Areníticas, vulcânicas e radioativas.
 - d) Ígneas, sedimentares e metamórficas.
 - e) Neolíticas, terciárias e quaternárias.

05

Geologia e relevo: mundo e Brasil



©Google earth/Image ©2015 DigitalGlobe/CNES/Astrium

■ Cadeia vulcânica de Pontiagudo-Cernizas-Cordón,
na Cordilheira dos Andes – Chile



Ponto de partida

Observe a imagem de satélite da cadeia vulcânica de Pontiagudo-Cernizas-Cordón, na Cordilheira dos Andes, com atenção. Em seguida, discuta com os colegas a respeito das características do relevo nela representadas.

Objetivos da unidade:

- relacionar a dinâmica geológica com a origem, a diversidade e as modificações das formas do relevo;
- compreender que as ações transformadoras do relevo terrestre ocorrem por meio dos processos erosivos e acumulativos desempenhados por agentes endógenos e exógenos;
- relacionar os grandes compartimentos do relevo mundial com as estruturas geológicas que formam a base dos continentes;
- identificar as principais unidades dos relevos sul-americano e brasileiro e suas influências sobre seus territórios.

Modeladores e escultores do relevo: agentes internos e externos

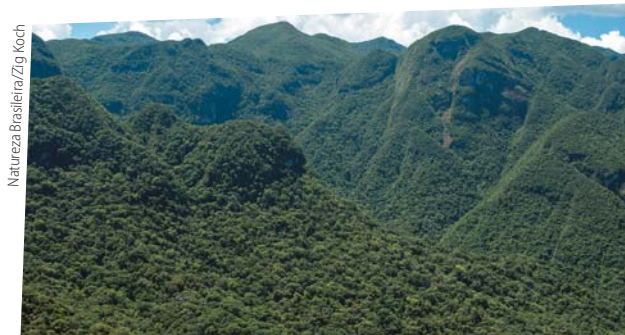
A superfície da Terra está em constante transformação. Suas formas, tão diversificadas, são modeladas e esculpidas no decorrer do tempo por forças que se originam interna ou externamente. Os agentes internos, ou endógenos, erguem ou afundam estruturas rochosas em decorrência do movimento de placas da litosfera – por vezes, formando extensas áreas, como as cordilheiras. Os agentes externos, ou exógenos, “refinam a obra”, desgastando as rochas ou agregando sedimentos à superfície.

Agentes internos ou endógenos

As forças originadas no interior da Terra capazes de transformar o relevo podem ser classificadas em três tipos: tectonismo, vulcanismo e terremotos.

Denomina-se tectonismo o conjunto de forças geradas, principalmente, pela movimentação do magma no manto. Entre os movimentos tectônicos, ocorre um processo lento que desloca verticalmente partes das estruturas geológicas geralmente estáveis, denominado epirogênese. Como exemplos de movimentos epirogenéticos, podem-se citar o soerguimento da Península Escandinava, onde se situam a Noruega e a Suécia, e o rebaixamento da costa do noroeste europeu, onde se encontram os Países Baixos.

Um pouco mais rápidos, do ponto de vista geológico, são os movimentos denominados orogênese, que se caracterizam por serem predominantemente horizontais, como os que provocam os dobramentos resultantes do encontro de Placas Tectônicas. Tais movimentos são responsáveis pela formação das grandes cadeias de montanhas, como o Himalaia e os Andes. A origem de montanhas também pode ocorrer por falhamentos ou, ainda, erupções vulcânicas.



■ A Serra do Mar, no Paraná, é formada por falhamentos. Parque Estadual Pico do Marumbi – PR, 2014.



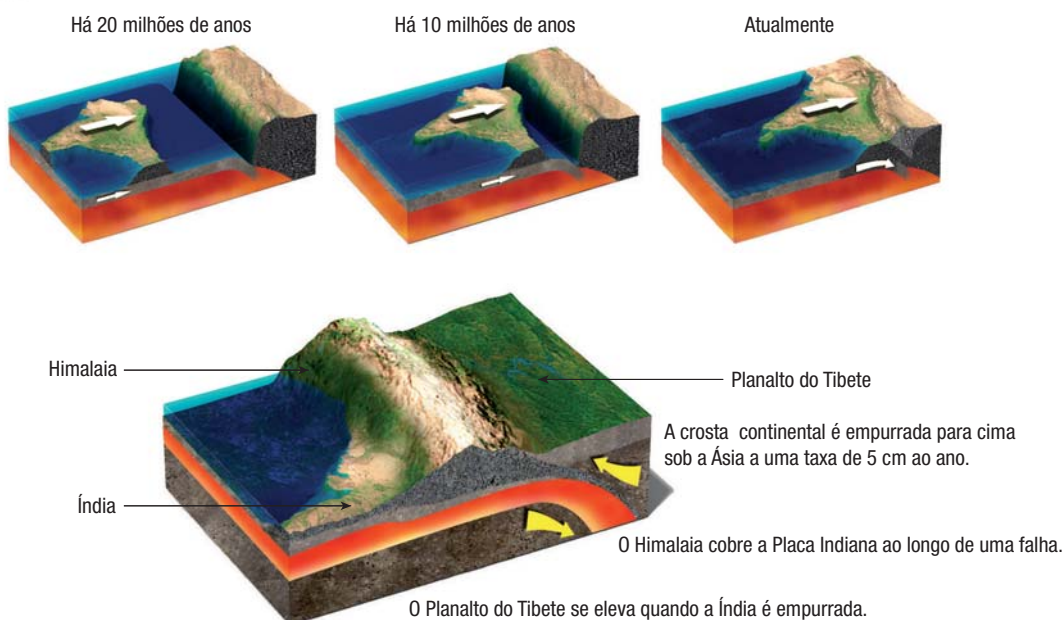
■ Dobramentos em montanha nos Balcãs – Montenegro, 2013



■ Cones vulcânicos formados na Ilha Maui, no Havá – EUA, 2012



Como se formou o Himalaia



Divanir Padilha, 2009. Digital.

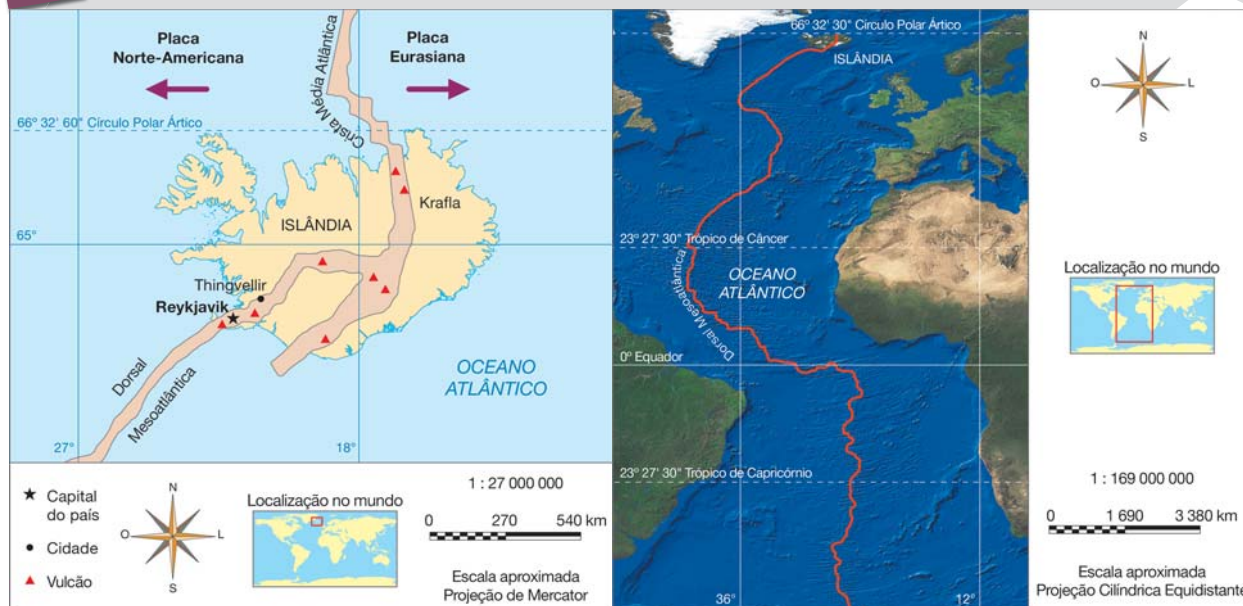


Fonte: GRANDE atlas mundial. Rio de Janeiro: Reader's Digest, 2007. p. 133-134.

As atividades vulcânicas, por meio da erupção e da liberação de fragmentos rochosos, cinzas e magma rapidamente resfriado, criam e modificam superfícies. A maior concentração de vulcões ativos na Terra encontra-se no fundo dos oceanos; em especial, ao longo das dorsais meso-oceânicas. A Islândia, por exemplo, originou-se (e segue se formando) do magma liberado pela Dorsal Mesoatlântica.



ISLÂNDIA E A DORSAL MESOATLÂNTICA



Marilú de Souza

Fonte: UNIVERSIDADE DO ALGARVE. Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente. *Tectônica de placas*. Disponível em: <http://w3.ualg.pt/~jdias/INTROCEAN/B/21_FrontDiverg.html>. Acesso em: 15 jun. 2014. Adaptação.

Os terremotos também modificam o relevo pelas vibrações manifestadas, principalmente, no epicentro, local na superfície em que são sentidas com mais intensidade as ondas sísmicas geradas no hipocentro, o foco do tremor, no interior da Terra.

Agentes externos ou exógenos

Os agentes externos atuam por meio da erosão, ou seja, processo de retirada do material desgastado na rocha, e pela deposição ou acumulação dos sedimentos transportados. A ação erosiva mais intensa é a que envolve a água: são os agentes pluvial (chuva), fluvial (rios), marinho (mares e oceanos) e glacial (geleiras). Também são considerados agentes da ação erosiva os ventos (eólico), especialmente nos desertos.

LatinStock/Alamy/Richard Wong



■ Lago de origem glacial, no Jasper National Park. Província de Alberta – Canadá, 2012.

Pulsar Imagens/Renata Mello

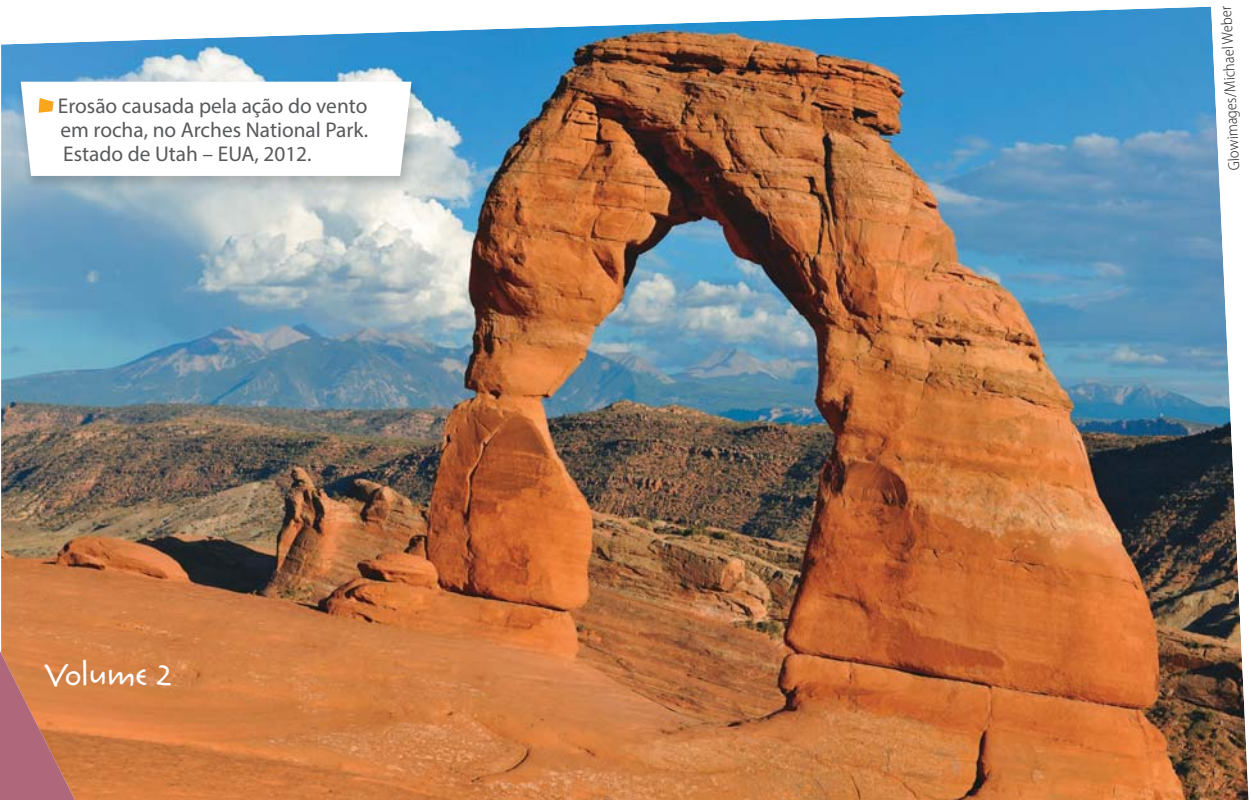


■ Pequena praia formada por sedimentos trazidos pelo mar, em Armação dos Búzios – RJ, 2008.



Glowimages/Corbis/Denotix/Subhamoy Bhattacharjee

■ Erosão do Rio Brahmaputra. Guwahati – Índia, 2009.



Glowimages/Michael Weber

■ Erosão causada pela ação do vento em rocha, no Arches National Park. Estado de Utah – EUA, 2012.

Na desagregação das rochas, destaca-se também o intemperismo, que pode ser físico ou químico. O intemperismo físico abrange os processos que desagregam e fragmentam as rochas por meio da separação dos grãos minerais que antes estavam coesos, compondo essas rochas. Quando a rocha é degradada por uma série de reações químicas, geralmente sob a ação da água, o processo é denominado intemperismo químico.



■ Nos desertos, como o da Líbia, a grande variação de temperatura entre o dia e a noite provoca o intemperismo físico das formações rochosas. Foto de 2012.



■ Nas cavernas calcárias, tanto a formação da cavidade quanto sua ornamentação pelas estalactites e estalagmites ocorrem em função do intemperismo químico. Cavernas de Waitomo, Nova Zelândia, 2012.

O material erodido, já na forma de sedimento (argila, areia ou seixo), é transportado pelos mesmos agentes que causaram a erosão: água das chuvas, correnteza dos rios, vai e vem das marés ou força dos ventos. Em seguida, também pelo trabalho desses mesmos agentes, ocorre a deposição e o acúmulo dos sedimentos, ou seja, o processo de sedimentação. As planícies aluviais são exemplos de superfícies formadas pela sucessiva deposição de sedimentos transportados pelos rios, ao passo que um conjunto de dunas num deserto ou numa faixa costeira resulta da deposição de areia carregada pelos ventos.

No trabalho de transformação do relevo, contudo, é necessário destacar as ações antrópicas. Afinal, a superfície terrestre é intensamente modificada pelo ser humano quando este constrói aterros, túneis, rodovias, represas, entre outras obras.



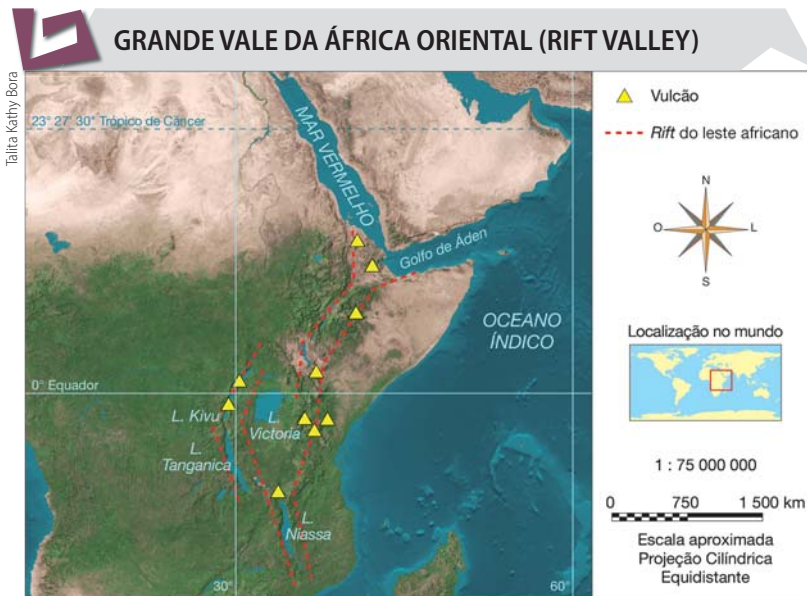
■ Cultivo de arroz em planície aluvial nas proximidades de Calcutá – Índia. Foto de 2010.

Bases geológicas e grandes compartimentos do relevo mundial atual

As formas do relevo são erguidas e destruídas, revelando uma dinamicidade das paisagens geralmente constatada no decorrer de longos períodos do tempo geológico. Atualmente, o território brasileiro é desprovido de grandes altitudes. Contudo, entre o fim da Era Pré-Cambriana e o início da Paleozoica, houve dobramentos antigos que formaram cadeias de montanhas elevadas. Em regiões que se localizam sobre as áreas de colisão de Placas Tectônicas, despontam as mais altas cordilheiras do globo na atualidade. Sua formação corresponde aos dobramentos modernos, iniciados aproximadamente no começo da Era Cenozoica.

A análise criteriosa das atuais formas de relevo sugere que estas passaram por grandes transformações e que, em um futuro geológico, elas também estarão modificadas em relação ao cenário atual.

O alinhamento dos grandes lagos africanos, na região do Rift Valley, indica sua localização sobre um sistema de falhas geológicas e justifica as mudanças geomorfológicas (em suas formas de relevo) que nela ocorrem.



A diversidade das formas de relevo distribuídas sobre a superfície do planeta é explicada pela combinação entre a base geológica sobre a qual elas se assentam, a litologia (tipos de rochas) que as forma e os processos modeladores e esculptores da paisagem (agentes internos e externos).

O arcabouço geológico, que também pode ser definido pelas macroestruturas geológicas ou, simplesmente, como bases geológicas, é o conjunto de diferentes tipos de rochas e dos processos que criaram a configuração dos terrenos de uma região. As macroestruturas geológicas das diferentes regiões do mundo podem ser divididas em três grupos.



- **Escudos cristalinos:** conjuntos de rochas mais antigas formadas na Era Pré-Cambriana e em parte da Era Paleozoica. São também denominados de maciços antigos, originando, na superfície, planaltos ou serras bastante desgastadas por processos erosivos. Situam-se sobre os crátons, estruturas tectônicas mais estáveis. Os escudos Guiano e Brasileiro são exemplos de núcleos cratônicos da América do Sul.

■ Pico Dedo de Deus, no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, em Teresópolis – RJ, cujas rochas pré-cambrianas compõem parte do Escudo Atlântico. Foto de 2014.



- **Bacias sedimentares:** estruturas rochosas formadas pela deposição de sedimentos, ou seja, resíduos de rochas mais antigas que, no decorrer de milhões de anos, preenchem superfícies mais baixas (depressões ou bacias). As bacias sedimentares podem ser formadas em antigos ambientes marinhos, de praias, grandes vales, pântanos ou desertos.

A faixa central da América do Sul, da Bacia do Rio Amazonas à Bacia Platina, situa-se sobre bacias constituídas, predominantemente, por rochas sedimentares – algumas mais recentes (Era Cenozoica), outras formadas na Era Paleozoica e, em parte, cobertas por rochas basálticas, originadas por derrames de lava.

- **Dobramentos modernos, terciários ou cenozoicos:** originados por pressões tectônicas, próprios da movimentação e da colisão de placas litosféricas, os dobramentos modernos constituem os cinturões móveis, que se caracterizam pela elevada altitude e pela intensa movimentação tectônica.

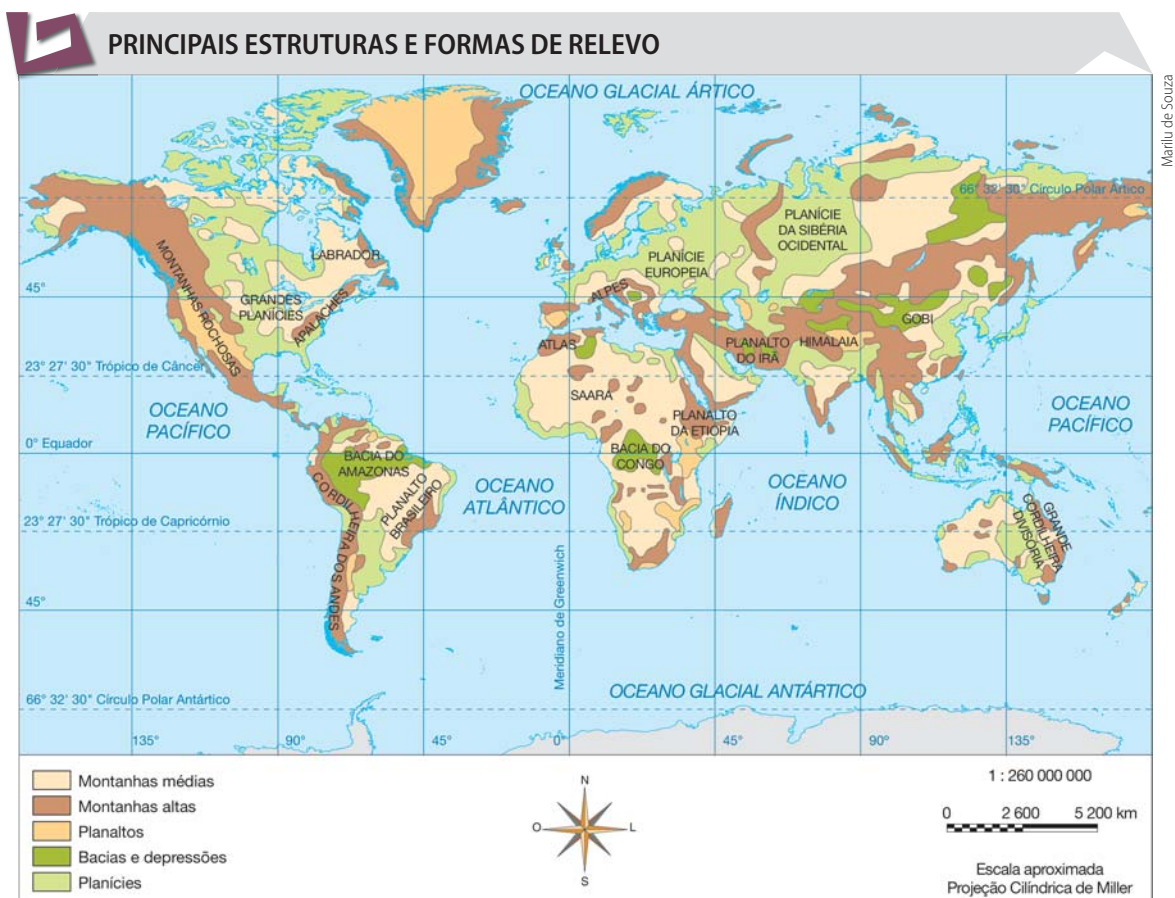
Na América do Sul, a Cordilheira dos Andes é a formação de relevo originada por dobramentos desencadeados a partir do início da Era Cenozoica. Confira, no mapa a seguir, as principais estruturas e formas de relevo no mundo.



■ Cânion de Guartelá, no Planalto dos Campos Gerais, em Tibagi – PR, cujas rochas sedimentares se formaram sobre antigo ambiente marinho. Foto de 2014.



■ Cordilheira dos Andes: dobramentos cenozoicos na América do Sul. Divisa entre o Chile e a Argentina, 2012.



Fonte: CHARLIER, Jacques (Org.). *Atlas du 21^e siècle*. Paris: Nathan, 2007. p. 153, mapa (e). Adaptação.



Cartografia

Compare o planisfério das principais estruturas geológicas do mundo, na página 32, com o planisfério físico do material de apoio e relacione as formas de relevo predominantes com suas estruturas geológicas. Em seguida, responda às questões propostas.

1. Identifique cinco cordilheiras no planisfério físico e escreva os nomes delas.

2. Qual é a estrutura geológica comum a essas cordilheiras?

3. Identifique, no território brasileiro, a estrutura geológica mais antiga e uma correspondente unidade do relevo situada sobre ela.

4. Com que cor as principais planícies estão representadas no mapa físico? Sobre que estruturas geológicas as planícies predominantemente se situam?

Relevos sul-americano e brasileiro

Bases geológicas sul-americanas e brasileiras

Uma travessia aérea da América do Sul, de leste para oeste (por exemplo, ao longo do paralelo de 20° S), expõe de forma bem elucidativa três dos principais conjuntos geológicos que compõem o relevo da América do Sul:

- no leste, desde a costa do Atlântico, situam-se planaltos de origem geológica bastante antiga (pré-cambriana) e desgastados por longos processos erosivos;
- na região central, no interior do continente, predominam baixos planaltos e planícies formados por sucessivas deposições de sedimentos;
- no oeste, eleva-se a Cordilheira dos Andes, formada por dobramentos desde o início da Era Cenozoica, recente na escala geológica do tempo.

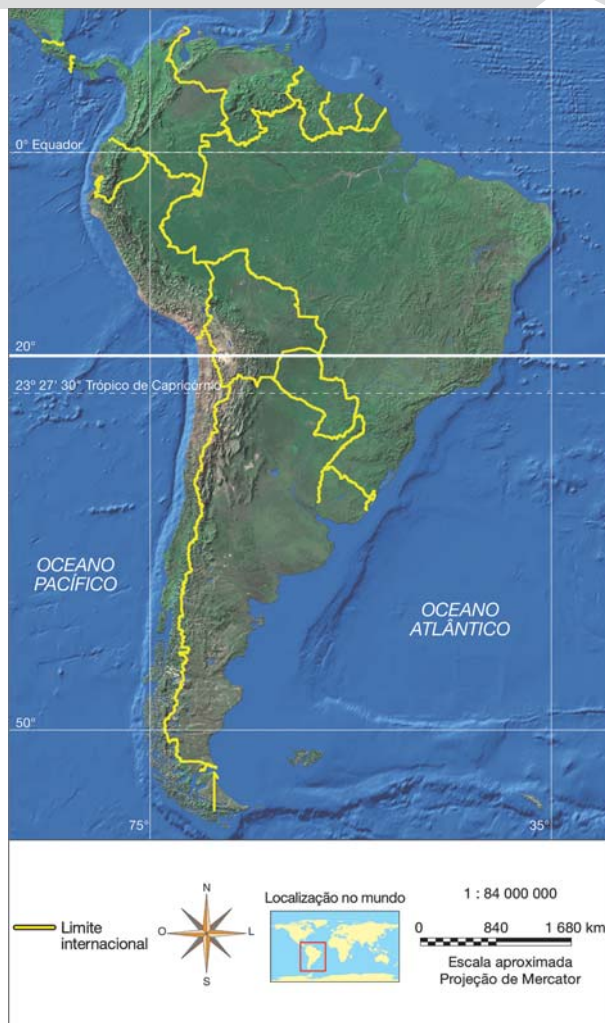
Os diferentes conjuntos de relevo que se alternam entre o oriente e o ocidente da América do Sul se modelaram a partir do arcabouço geológico que estrutura o continente.

Assim, as bases geológicas sul-americanas, sobre as quais as formas de relevo são continuamente esculpidas, distinguem-se sobretudo por sua gênese e idade. Na borda oeste do continente, situa-se a Cordilheira dos Andes, gerada por dobramentos terciários. Dela, avizinham-se duas plataformas (que agrupam os escudos cristalinos e as bacias sedimentares): a Patagônica, no sul, e a Sul-Americana, sobre a qual se situa o território brasileiro.

RELEVO SUL-AMERICANO



Fonte: IBGE. *Atlas geográfico escolar*. 6. ed. Rio de Janeiro, 2012. p. 34. Adaptação.



Fonte: IBGE. *Atlas geográfico escolar*. 5. ed. Rio de Janeiro, 2009. Adaptação.

BASES GEOLÓGICAS DA AMÉRICA DO SUL



Fonte: BIGARELLA, João José; BECKER, Rosemari Dora; SANTOS, Gilberto Friedenreich dos. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. Florianópolis: UFSC, 2009. p. 62. Adaptação.

Bases geológicas e recursos minerais do Brasil

Durante o Período Colonial, a Coroa espanhola explorou, entre outros minerais, a prata, o ouro e a esmeralda presentes em suas colônias na América do Sul, sobretudo em minas escavadas nas rochas dos dobramentos andinos. Atualmente, destaca-se a exploração do cobre, principalmente no subsolo do Deserto do Atacama, no norte do Chile e no sul do Peru. No Brasil, também durante o Período Colonial, iniciou-se a extração mais intensa de minerais, com destaque para a exploração do ouro, do diamante e de esmeraldas, em Minas Gerais e no Centro-Oeste do país.

Denominam-se recursos minerais aqueles que são destinados a servir como matéria-prima e cuja extração é técnica e economicamente viável. No subsolo brasileiro, os recursos minerais são retirados tanto nos escudos cristalinos quanto nas bacias sedimentares.



MACROESTRUTURAS OU BASES GEOLÓGICAS DO BRASIL

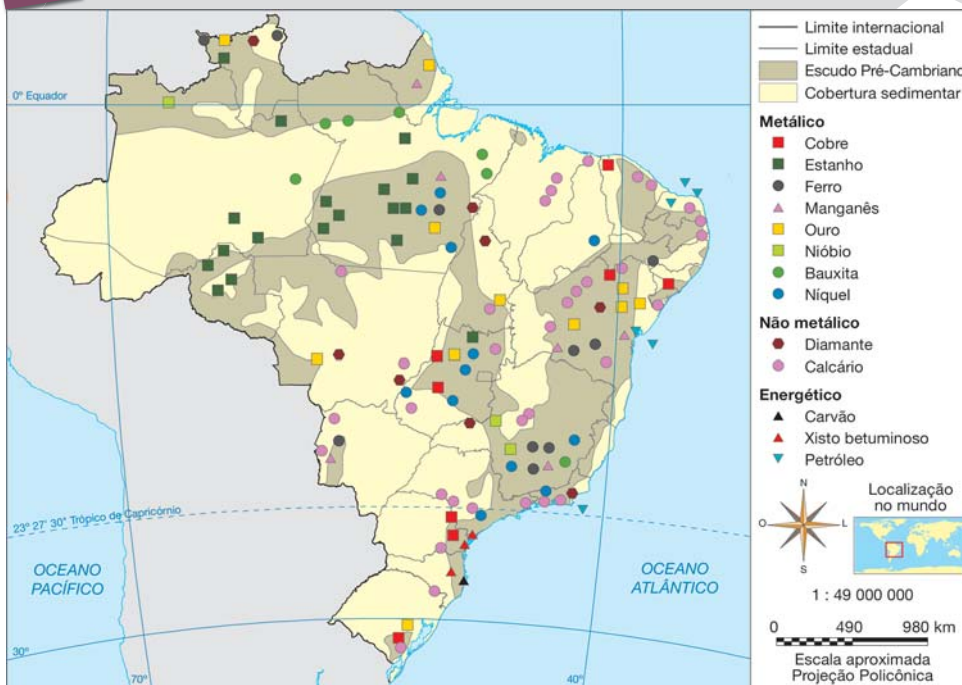


Mariane Félix da Rocha

Fonte: ROSS, Jurandyr L. Sanches (Org.). *Geografia do Brasil*. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2008. p. 47. Adaptação.



RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



Talita Kathy Bora

Fonte: THÉRY, Hervé; MELLO, Neli Aparecida de. *Atlas do Brasil: disparidades e dinâmicas do território*. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2008. p. 72. Adaptação.

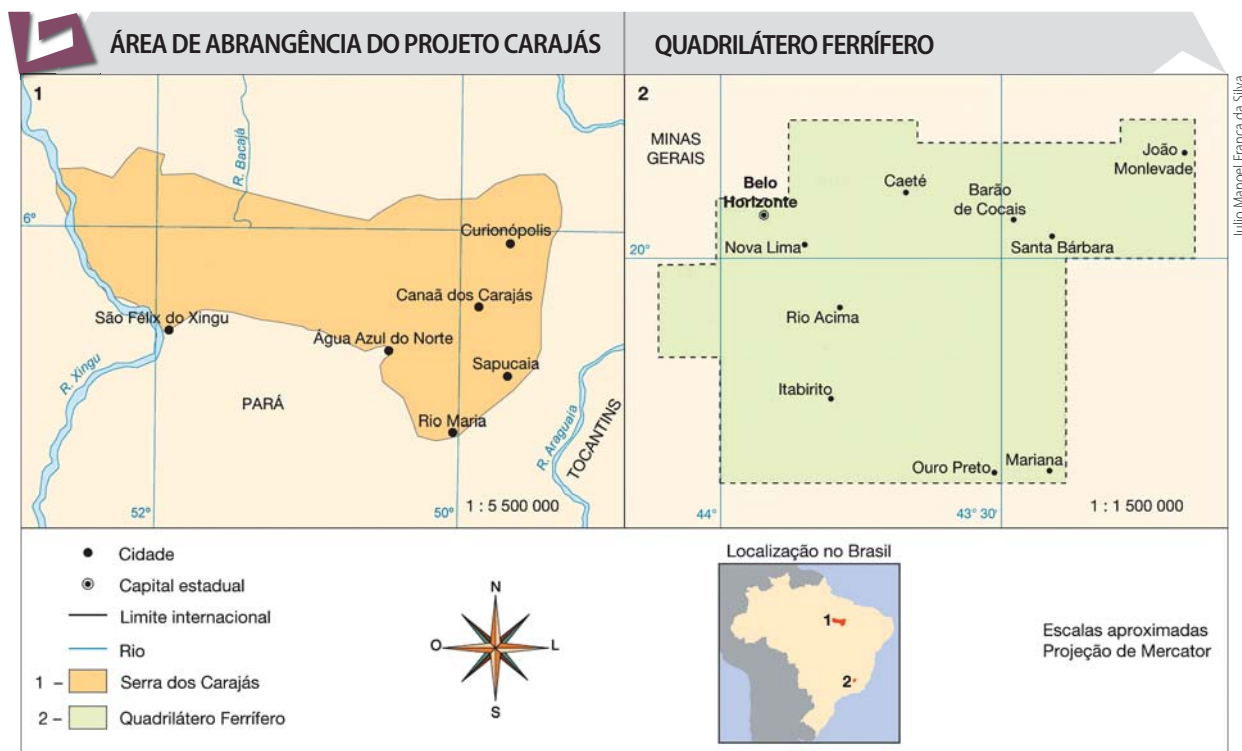
- Complete o quadro dos principais recursos minerais do Brasil selecionando alguns minérios com base na análise dos dois mapas e na comparação entre eles.



PRINCIPAIS RIQUEZAS MINERAIS DO BRASIL	
Minerais dos escudos cristalinos	Minerais das bacias sedimentares

O Brasil é um grande produtor e exportador de minérios, entre os quais se destacam o ferro, o manganês, a bauxita (minério de alumínio), a cassiterita (minério de estanho) e o petróleo.

A Serra do Carajás, cuja área de abrangência se dá sobre os estados do Pará, do Maranhão e de Tocantins e onde se estabeleceu, a partir do fim da década de 1970, o Projeto Carajás, e o Quadrilátero Ferrífero, no centro-sul do estado de Minas Gerais, são duas importantes áreas onde se concentram jazidas de minerais metálicos, como o ferro e o manganês.



Fonte: IBGE. *Atlas geográfico escolar*. 4. ed. Rio de Janeiro, 2007. p. 88; 96. Adaptação.

Nas áreas de mineração, contudo, os impactos ambientais são grandes, com a ocorrência de contaminação do solo, dos rios e da atmosfera, além do acúmulo de rejeitos da mineração, ou seja, resíduos rochosos que não são economicamente aproveitados. Em relação aos trabalhadores do setor de mineração, alguns dos aspectos mais preocupantes correspondem à saúde e à segurança do trabalho nas áreas de extração.

Conexões

1. Observe as imagens a seguir e identifique os problemas socioambientais relacionados à extração mineral.



Glowimages/AP Photo/Wade Payne



LatinStock/Reuters/Osman Osa



Glowimages/AFP/Bulent Kilic

2. Há, no município em que você mora ou próximo a ele, alguma mina, lavra, garimpo ou pedreira? Em caso afirmativo, registre o que você descobrir sobre as seguintes questões.

- Que minério (ou rocha) é extraído nesse local?
- Ele é utilizado para quê?
- Quais são os principais impactos ambientais provocados por essa extração mineral?
- Como são as condições de trabalho nesse sítio de extração mineral?

Relevo sul-americano e suas influências

Observe, no mapa físico da América do Sul, como as planícies, os planaltos e as cordilheiras de modo geral dispõem-se em eixos longitudinais, ou seja, no sentido norte-sul. Confira também como se destaca, ao longo de toda a sua extensão ocidental, a Cordilheira dos Andes. Desde sua gênese, no início da Era Cenozoica, a cadeia de montanhas se impõe. Afinal, desde então, sedimentos provenientes dos Andes têm contribuído para formar a Planície Amazônica. Além dessa contribuição geológica, destacam-se outras interações ambientais das montanhas andinas.

- O Amazonas, mais extenso e volumoso rio do mundo, tem sua nascente na Cordilheira dos Andes e nela percorre o primeiro terço de seu curso. Em seu percurso, retira, transporta e deposita sedimentos derivados dos Andes, que são espalhados, principalmente sobre as várzeas, nas margens do rio em território brasileiro.



LatinStock/Alamy/Hemis

■ O Rio Amazonas, nos Andes peruanos, próximo a suas nascentes, num curso em que ele é denominado Rio Apurímac. Cuzco – Peru, 2013.



Tyba/José Roberto Couto

■ Várzea do Rio Amazonas, em Itacoatiara – AM, 2012

- Delimita biomas: em seu lado oriental, desenvolve-se a Floresta Amazônica e, na estreita faixa situada entre o Oceano Pacífico e a encosta ocidental dos Andes, há várias outras formações vegetais, entre elas as existentes no Deserto do Atacama.
- Direciona a circulação das massas de ar: o ar úmido que se forma sobre o Oceano Atlântico e a Floresta Amazônica causa um grande volume de chuva na face leste da cordilheira. Massas de ar polar avançam da Patagônia em direção ao norte, barradas a oeste pela cadeia de montanhas que também impede que as massas de ar úmido do Atlântico alcancem a face oeste dos Andes, contribuindo para a presença do Deserto do Atacama.

A Planície do Orinoco, na Venezuela, situa-se entre a extremidade norte da Cordilheira dos Andes e as serras do Planalto das Guianas. Um pouco mais ao sul, atravessada pela linha equatorial, está a Planície Amazônica, que se localiza entre a Cordilheira dos Andes, a oeste, e as formações dos planaltos das Guianas, ao norte, e Central, ao sul. Ainda mais ao sul, cortada pelo Trópico de Capricórnio, situa-se a Planície Platina, que se estende desde o Pantanal Mato-Grossense, ao norte, até os Pampas, ao sul.

Em parte dessas planícies, a navegação fluvial é uma prática utilizada há séculos pelas populações indígenas, bem como desde os tempos coloniais para escoar riquezas do interior do continente.



Pulsar Imagens/Mário Friendlander

■ Embarcação para transporte de carga no Rio Paraguai. Corumbá – MS, 2014

Com exceção do Planalto da Bolívia (ou Altiplano), de origem tectônica e recente, associada à orogênese andina, os planaltos são geologicamente mais antigos que a Cordilheira dos Andes e as planícies. Destacam-se, no continente, as formações planálticas do norte (Planalto das Guianas) e do leste (Planalto Brasileiro). Os desníveis ou diferenças de altitudes nesses planaltos atribuem velocidade e força às águas dos rios que os atravessam. Por essa razão, há um grande aproveitamento do potencial energético gerado pelos rios por meio das dezenas de usinas hidrelétricas instaladas nos planaltos.

Futurapress/Gazeta do Povo/Christian Rizzi



■ Barragem do Lago de Itaipu, no trecho planáltico do Rio Paraná, entre o Brasil e o Paraguai. Foto de 2009.

Certas condições climáticas associadas às características das formas do relevo e ao modo como ocorreu a ocupação humana deste influenciam na vulnerabilidade socioambiental de algumas regiões na América do Sul. Grandes volumes de chuvas provocam erosão do solo e, sobre encostas de elevada declividade, deslizamentos de terra que frequentemente resultam em muitas vítimas e graves danos à infraestrutura local.

Nas planícies e nos vales fluviais, intensas chuvas, sobretudo no verão, ocasionam enchentes, quando o volume da água dos rios extravasa das margens, invadindo áreas rurais e urbanas.

Gloviaimages/AP Photo/Juan Karita



■ Deslizamento de encosta causado por fortes chuvas em La Paz – Bolívia. Foto de 2010.

Menos comum, porém muito impactante, é o que pode ocorrer em vales localizados próximo a vulcões ativos quando se forma o *lahar*, espécie de lama vulcânica. O *lahar* origina-se quando materiais liberados por um vulcão, como as cinzas e outros resíduos, misturam-se à neve, derretendo-a. O resultado é uma enxurrada de lama que desce rapidamente pelos flancos da montanha e toma o vale dos rios.

Futurapress/Gabriel Ivan



■ Cheia do Rio Madeira, em Porto Velho – RO, inunda cidade às margens. Foto de 2014.

Getty Images/National Geographic/Steven L. Raymer



■ Nevado del Ruiz ao fundo, vulcão colombiano, cuja erupção, em 1985, provocou a formação de *lahar*. Manizales – Colômbia, 1985.

LatinStock/Corbis/Sigma/Jacques Langevin



■ Cidade de Armero, na Colômbia, sob *lahar* proveniente do Nevado del Ruiz. Foto de 1985.

Compartimentos do relevo brasileiro

Acima das estruturas geológicas, dispõe-se o relevo, conjunto das formas da superfície terrestre que se encontram ora elevadas, ora mais baixas; às vezes planas, outras irregulares. O estudo do relevo, de suas formas e de sua dinâmica é o objeto da **Geomorfologia**, um dos campos da Geografia.

Com o passar do tempo geológico, as formas do relevo são moldadas e esculpidas pela contínua e, muitas vezes, conjunta ação de agentes internos (endógenos) e externos (exógenos). Na superfície do território brasileiro – situado sobre a Plataforma Sul-Americana, cuja estabilidade já foi destacada –, nos últimos milhões de anos, as formas de relevo têm sido transformadas quase exclusivamente graças à ação conjunta de forças externas.

Existem três classificações principais de unidades do relevo brasileiro. Observe, a seguir, as de Aroldo de Azevedo e Aziz Ab'Sáber.



Fonte: AZEVEDO, Aroldo de. As grandes unidades do relevo brasileiro. *Revista Geográfica*, p. 7-9, n. 31-36, 1951-1952. Adaptação.



Fonte: AB'SÁBER, Aziz Nacib. O relevo brasileiro e seus problemas. In: AZEVEDO, Aroldo. *Brasil: a terra e o homem*. São Paulo: Nacional, 1970. p. 155. v. 1. Adaptação.

A classificação de Aroldo de Azevedo, datada do fim da década de 1940, determinou grandes áreas de características geomorfológicas de certa homogeneidade. Com isso, essa que foi a primeira elaboração de uma classificação de relevo possibilita uma noção mais regional e generalizada da superfície do território brasileiro. Com base em um limite de altitude definido em 200 metros, Aroldo de Azevedo separou os planaltos das planícies brasileiras.

Geomorfologia: ciência que estuda as formas de relevo, tendo em vista a origem, estrutura, natureza das rochas, o clima da região e as diferentes forças endógenas e exógenas que, de modo geral, entram como fatores construtores e destruidores do relevo terrestre.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 303.

Já a classificação de Aziz Ab'Sáber, realizada cerca de uma década após a de Aroldo de Azevedo, levou em consideração a influência das condições climáticas do passado (paleoclimas) na formação do relevo.

Uma revolução na classificação do relevo brasileiro ocorreu a partir da análise de imagens de radar obtidas por via aérea, que cobriram a superfície brasileira entre 1970 e 1985.

Por meio desses recursos, Jurandyr Ross realizou, no fim do século XX, uma nova classificação de unidades do relevo. Nela, predominam os baixos planaltos e as depressões, situados sobre escudos cristalinos e bacias sedimentares. Apesar da preponderância de planaltos, em virtude da antiguidade dos terrenos, as altitudes no Brasil são modestas – apenas 3% da superfície brasileira apresenta altitudes superiores a 900 m. As planícies, tanto a costeira quanto as fluviais, de formação bastante recente (do período quaternário), ocupam estreitas faixas, limitadas por depressões, planaltos ou serras.



Fonte: ROSS, Jurandyr L. Sanches (Org.). *Geografia do Brasil*. São Paulo: Edusp, 2008. p. 53. Adaptação.

Principais formas do relevo brasileiro

Planaltos: formas de relevo, ora relativamente planas, ora irregulares, caracterizadas pelo predomínio dos processos erosivos em relação à sedimentação. Os planaltos podem ser encontrados sobre estruturas geológicas cristalinas (os crátons) ou bacias sedimentares. Sobre os planaltos, em diversas áreas do país, assentam-se serras, com seus cumes geralmente arredondados, e chapadas, com topos aplainados e encostas bastante íngremes.



Pulsar Imagens/André Dib

■ Cânion Fortaleza no planalto situado na divisa entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Foto de 2011.

Planícies: superfícies, situadas sobre bacias sedimentares recentes, que se apresentam bem aplainadas. Nas planícies, predominam os processos de deposição de sedimentos em relação aos erosivos. As mais extensas planícies, geralmente, apresentam altitudes inferiores a 200 metros.

Em parte do litoral brasileiro, sobre a estreita planície, situam-se os tabuleiros. Trata-se de formações constituídas por sedimentos depositados em camadas do período terciário. As encostas dos tabuleiros geralmente são abruptas, culminando muitas vezes em praias ou, ainda, diretamente no mar.



Fotoarena/T. Fernandes

■ Planície do Pantanal Mato-Grossense banhada pela Bacia do Rio Paraguai. Corumbá – MS, 2014.



Pulsar Imagens/Mário Friendlander

■ Tabuleiro na planície costeira. Porto Seguro – BA, 2009.

Depressões: superfícies relativamente planas e, ao mesmo tempo, suavemente inclinadas que circundam os planaltos, formadas por duradouros processos erosivos. As depressões ocorrem, principalmente, sobre estruturas sedimentares.

■ Depressão Cuiabana. Parque Nacional da Chapada dos Guimarães – MT, 2010.

Natureza Brasileira/Zig Koch

Dinâmica do relevo brasileiro

De modo geral, as formas da superfície terrestre guardam em suas características vestígios de um passado cujos ambientes eram muito diferentes dos atuais. Isso revela quanto o relevo é dinâmico e como os fenômenos atuam para sua transformação.

Há mais de dois milhões de anos, não ocorre atividade vulcânica sobre terras brasileiras. As últimas erupções vulcânicas aconteceram nos arquipélagos de Trindade e Martim Vaz, além de Fernando de Noronha e dos Penedos de São Pedro e São Paulo. Na parte continental do território, a atividade vulcânica se deu há muito mais tempo. Durante a Era Mesozoica, uma extensa região compreendida entre o sul do atual estado de Goiás e o norte do Rio Grande do Sul, além de parte da Argentina e do Paraguai, foi palco de grandes derrames de magma. Ao longo dessa área, relacionadas a esses derrames, há diversas estâncias de águas termais sulfurosas.



Pulsar Imagens/Maurício Simonetti



Luciano Daniel Tullio

Fonte: LEINZ, Viktor; AMARAL, Sérgio Estanislau do. *Geologia geral*. 8. ed. São Paulo: Editora Nacional, 1980. p. 284. Adaptação.

■ Testemunho de atividade vulcânica no passado geológico: Pico do Cabugi, Parque Ecológico do Cabugi. Angicos – RN, 2012.



Refinando o olhar

As fotos a seguir correspondem a diferentes paisagens brasileiras.



Opção Brasil Imagens/Vitor Marigo

■ Morros Dois Irmãos. Fernando de Noronha – PE, 2013.



Pulsar Imagens/Thomas Vita Neto

■ Fontes de águas termais. Lagoa Santa – GO, 2013.

Embora bastante diferentes entre si, essas duas paisagens apresentam algo em comum em sua origem. O que é?

Quanto à ocorrência de grandes terremotos, o Brasil, por situar-se na porção central da Placa Sul-Americana, não apresenta áreas de risco. A maioria dos tremores que ocorrem em território nacional resulta da acomodação de terrenos no subsolo, tendo, portanto, menor magnitude e sendo muito menos destrutivos. O maior tremor já registrado ocorreu no município de Porto dos Gaúchos, no Mato Grosso, em 1955, atingindo 6,2 na escala Richter.



Fonte: CHARLIER, Jacques et al. (Org.). *Atlas du 21^e siècle*. Paris: Nathan, 2009. p. 152, mapa (b). Adaptação.



Fonte: IBGE. *Atlas geográfico escolar*. 6. ed. Rio de Janeiro, 2012. Adaptação.

Conexões

Terremotos provocados pela atividade humana

Por estranho que pareça, há terremotos que são provocados pela atividade humana. Eles são chamados de **sismos induzidos** e surgem em decorrência de explosões nucleares, introdução de água e gás sob pressão no subsolo, construção de barragens, mineração a céu aberto de grandes proporções ou extração de fluidos, como petróleo, do subsolo.

De todas essas causas, a única que tem provocado sismos de magnitude considerável é a construção de barragens, mais precisamente o enchimento do lago, pelo enorme peso que passa a existir no local. O maior desses sismos ocorreu na Índia, em 1967, na barragem de Koyna. Ele atingiu magnitude 6,3 e provocou 200 mortes.

No Brasil, o primeiro sismo induzido de que se tem notícia ocorreu na Hidroelétrica de Capivari-Cachoeira, a nordeste de Curitiba (PR), entre 1971 e 1972. A atividade sísmica continuou até 1979, mas cada vez menos intensa.

Em terremotos desse tipo, é fácil entender, o risco maior é o de afetar a estrutura da própria barragem, pois ela se encontra no epicentro do abalo.

No dia 7 de setembro de 2001, um milhão de crianças do Reino Unido pularam nos pátios de suas escolas ao mesmo tempo para tentar provocar um terremoto. A iniciativa foi do governo britânico, como parte das atividades do Ano da Ciência, que teve por objetivo despertar o interesse pela ciência em crianças e jovens de 10 a 19 anos de idade. O resultado não foi além de um ligeiro rabisco nos sismógrafos, mas foi aceito pelo *Guinness – O Livro dos Recordes* como o maior salto simultâneo da história.

BRANCO, Pécio de Moraes. *Terremotos*. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1052&tsid=129>>. Acesso em: 8 jun. 2014.

Em relação ao texto, responda às questões.

1. Entre as diferentes causas de sismos induzidos, que tipo de atividade humana tem provocado abalos sísmicos de magnitude considerável?

2. “O resultado não foi além de um ligeiro rabisco nos sismógrafos”. O que é um sismógrafo?

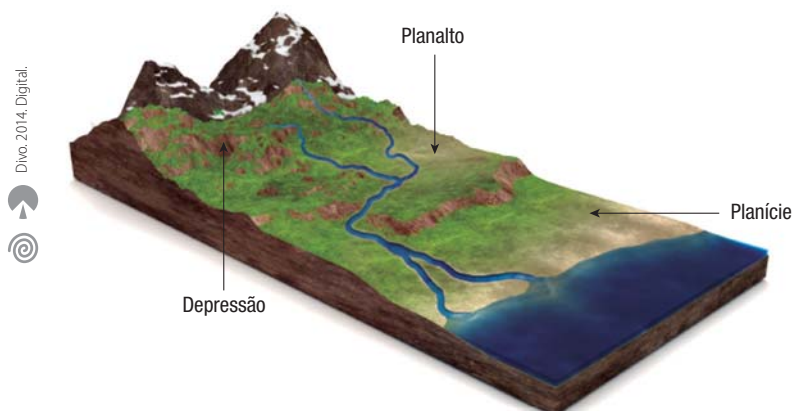
Sem apresentar grandes eventos tectônicos nos últimos milhões de anos, de modo geral, a dinâmica do relevo brasileiro se limitou a fenômenos de erosão e deposição de sedimentos provocados por agentes externos (como os rios, as chuvas, os ventos e o intemperismo físico). Mais para oeste, no entanto, para além das fronteiras do Brasil, forças provenientes do interior do planeta dobraram e soergueram camadas de rochas, construindo a extensa Cordilheira dos Andes.



Organize as ideias



Analise a imagem a seguir.



1. Quais são as principais diferenças entre planaltos, planícies e depressões?

2. De acordo com o mapa das unidades do relevo do Brasil de Jurandyr Ross, na página 42, em que unidade do relevo brasileiro se situa o município onde você mora?



Hora de estudo

1. Compare os mapas das unidades do relevo brasileiro de Aroldo de Azevedo (página 41) e Jurandyr Ross (página 42). O que o mapa de Ross, elaborado com base em imagens de radar, apresenta de diferente a respeito do relevo brasileiro?

2. (UPF – RS) A dinâmica interna e externa da Terra provoca modificações no relevo terrestre. São considerados, respectivamente, agentes modeladores internos (endógenos) e externos (exógenos) da Terra:

- a) Erosão e intemperismo.
- b) Águas correntes e vulcanismo.
- c) Geleiras e vento.
- d) Vulcanismo e tectonismo.
- e) Tectonismo e intemperismo.

3. (UNIT – SE) Sobre os agentes endógenos que atuam na formação da crosta terrestre, pode-se afirmar:

- a) A maior incidência de vulcões ativos ocorre em áreas de formação geológica antiga, como o Círculo de Fogo e o Oceano Índico.
- b) Os abalos sísmicos modificam a geografia da Terra, sendo que, nas áreas onde as placas com a mesma densidade são convergentes, os choques entre elas dão origem aos dobramentos modernos.

- c) Os choques não ocorrem entre as falhas transformantes porque as densidades são diferentes, e elas só são encontradas nos oceanos.
- d) O grande terremoto ocorrido no Japão, em 2011, foi um fato inédito na história do planeta, porque transformou todo o relevo asiático, matando muitos milhares de pessoas.
- e) A magnitude e a intensidade de um terremoto dependem unicamente do seu epicentro.
4. (UECE) O intemperismo é definido como o conjunto de processos que ocasionam a desagregação e a decomposição das rochas e dos minerais, motivados pela ação dos agentes atmosféricos e biológicos.
- Tomando por base a definição de intemperismo, assinale a afirmação incorreta.
- a) Nos climas secos ou desérticos, a desagregação das rochas é motivada pelas altas amplitudes térmicas que provocam a dilatação e a contração dos minerais.
- b) Os fatores de decomposição química são a água, os agentes biológicos e seus produtos orgânicos.
- c) Nos climas quentes e úmidos, predomina a desagregação mecânica das rochas; nos climas secos e frios, predomina a decomposição química.
- d) Quando o manto de intemperismo é submetido à influência dos seres vivos, criam-se condições para a formação de solos.
5. (UERN) Sempre que se fala sobre o relevo brasileiro, três classificações são lembradas: de Aroldo de Azevedo, de Aziz Ab'Sáber e de Jurandyr Ross. Pode-se pensar que havia erro nas primeiras classificações, entretanto, nada disso aconteceu. A verdade é que cada autor seguiu uma “escola” diferente em seus estudos de Geomorfologia. A classificação de Jurandyr Ross, estabelecida em 1981, classifica três formas de relevo no Brasil. Assinale-as.
- a) Planalto, planície e montanha.
- b) Planalto, planície e depressão.
- c) Chapada, planalto e depressão.
- d) Montanha, depressão e planície.
6. (PUCPR) Acerca da estrutura geológica brasileira, marque a alternativa correta.
- a) Basicamente, encontram-se presentes no Brasil apenas desdobramentos modernos.
- b) A área ocupada por escudos cristalinos, formados em épocas muito recentes, perfaz cerca de 90% do território brasileiro.
- c) As bacias sedimentares, de formação antiga encontram-se nas áreas elevadas de grandes maciços geológicos brasileiros.
- d) Dos tipos de estrutura geológica distinguíveis na crosta terrestre, encontramos no Brasil apenas escudos cristalinos, bacias sedimentares e desdobramentos antigos.
- e) Os chamados maciços antigos, inexistentes no território brasileiro, são ricos em rochas de tipo sedimentar e impassíveis à erosão.
7. (ENEM)

As plataformas ou crátons correspondem aos terrenos mais antigos e arrasados por muitas fases de erosão. Apresentam uma grande complexidade litológica, prevalecendo as rochas metamórficas muito antigas (Pré-Cambriano Médio e Inferior). Também ocorrem rochas intrusivas antigas e resíduos de rochas sedimentares. São três as áreas de plataforma de crátons no Brasil: a das Guianas, a Sul-Amazônica e a do São Francisco.

ROSS, J. L. S. *Geografia do Brasil*. São Paulo: Edusp, 1998.

As regiões cratônicas das Guianas e a Sul-Amazônica têm como arcabouço geológico vastas extensões de escudos cristalinos, ricos em minérios, que atraíram a ação de empresas nacionais e estrangeiras do setor de mineração e destacam-se pela sua história geológica por:

- a) apresentarem áreas de intrusões graníticas, ricas em jazidas minerais (ferro, manganês).
- b) corresponderem ao principal evento geológico do Cenozoico no território brasileiro.
- c) apresentarem áreas arrasadas pela erosão, que originaram a maior planície do país.
- d) possuírem em sua extensão terrenos cristalinos ricos em reservas de petróleo e gás natural.
- e) serem esculpidas pela ação do intemperismo físico, decorrente da variação de temperatura.

06

Impactos socioespaciais resultantes da dinâmica da litosfera



Glowimages/Rex Features

► O litoral da Tailândia foi uma das regiões devastadas pelo *tsunami*, ocorrido em 26 de dezembro de 2004, que matou mais de 200 mil pessoas e desabrigou quase 2 milhões. Ilha Phuket – Tailândia, 2004.



Ponto de partida

Em relação à imagem acima, discuta com os colegas sobre as seguintes questões.

1. Quais são as chances de uma tragédia como a mostrada na imagem ocorrer no local onde você mora?
2. No que se refere às forças da natureza, há lugares mais seguros que outros para viver? Quais seriam eles? Registre as conclusões a que chegaram.

tsunami: do japonês *tsu*, porto, e *nami*, onda, são ondas oceânicas de grande porte causadas por terremotos, erupções vulcânicas ou outros fatores que, ao atingirem a costa, podem levantar vagas de mais de 30 metros de altura com efeito devastador.

Objetivos da unidade:

- identificar as áreas de risco relacionadas às atividades sísmicas e ao vulcanismo no Brasil e no mundo;
- analisar como os países e as populações se adaptam a tais áreas;
- reconhecer os principais espaços de vulnerabilidade para desastres naturais existentes no Brasil.

Por que ocorrem terremotos?

O violento *tsunami*, ocorrido em 2004, que atingiu, além do Sudeste Asiático, porções do noroeste da Austrália e leste da África, foi causado por um forte terremoto, o qual provocou a formação de ondas que viajaram pelo Oceano Índico a mais de 800 km/h.

A litosfera terrestre está em permanente dinâmica e sob a atuação de diversas forças tectônicas e sísmicas. Quando submetidas a pressões de deslocamento lateral ou vertical, as placas tendem a recomodar-se, provocando abalos sísmicos ou, como são mais conhecidos, simplesmente **terremotos**. Quando esse fenômeno ocorre no mar, também pode ser chamado de maremoto.

O local exato, dentro da crosta terrestre, onde ocorreu o terremoto é chamado de **hipocentro**. O ponto da superfície situado acima do hipocentro é o **epicentro**. Desse ponto, propagam-se, pela crosta terrestre, ondas sísmicas. Nos terremotos mais fortes, os tremores de terra às vezes podem ser sentidos há centenas de quilômetros de distância.

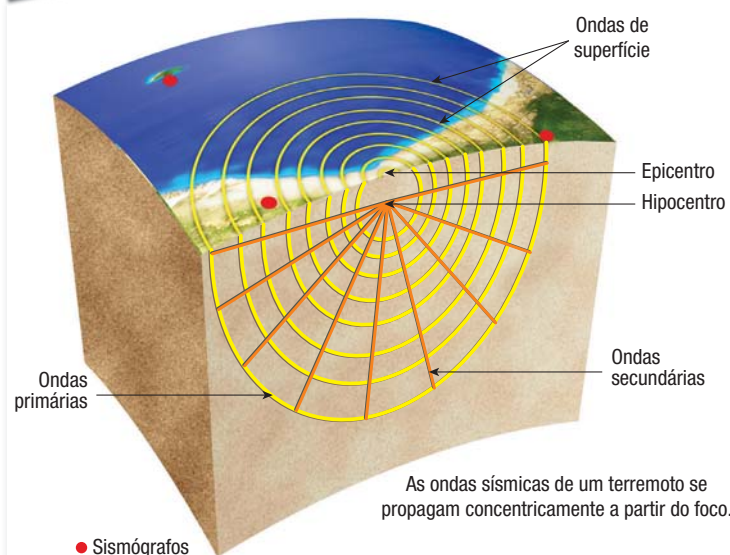
terremotos: tremores naturais da crosta terrestre que se propagam por meio de vibrações, as quais podem ser percebidas diretamente com os sentidos ou por meio de instrumentos. São consequências da liberação imediata de energia aplicada à rocha, a qual recebe tensão que vai se acumulando no decorrer do tempo.

Fonte: PRESS, Frank et al. *Para entender a Terra*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. p. 476.



Fonte: NOAA. *Tsunami travel time maps: tsunami sources*. Disponível em: <http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/icons/2004_1226.jpg>. Acesso em: 1 ago. 2014. Adaptação.

Elementos de um terremoto



Observe, no mapa da página anterior, que o epicentro se localizou no Oceano Índico, muito próximo ao litoral do noroeste da Ilha de Sumatra, na Indonésia.

A intensidade do abalo sísmico, ou sua magnitude, pode ser medida por meio da **escala Richter**. O terremoto de 2004 foi considerado muito forte (o terceiro mais forte já registrado no mundo), atingindo a graduação de 9,1 nessa escala, porém já foram registrados terremotos ainda mais fortes que não trouxeram consequências tão devastadoras. Os riscos da destruição causada por terremotos e suas consequências são avaliados conforme a localização de seu epicentro. Muitas vezes, o abalo sísmico registrado é bastante elevado, mas seu hipocentro situa-se a grande profundidade ou em regiões pouco habitadas. Outras vezes, como no caso de 2004, ocorre o oposto.

Charles F. Richter, sismólogo estadunidense, criou em 1935 uma forma de medir a intensidade dos abalos sísmicos baseada em quantificar a energia liberada no epicentro. Ele se baseou em princípios logarítmicos, em que a graduação superior representa dez vezes mais energia que a inferior (por exemplo, em um terremoto de 8 graus na **escala Richter**, a energia liberada é dez vezes maior que em um de 7 graus). A escala é infinita, mas jamais foi registrado algum tremor que excedesse 10 graus.

Conexões

Qual foi o terremoto mais forte já registrado?

Em 22 de maio de 1960, o Chile foi abalado pelo sismo que ficou conhecido como o Terremoto de Valdivia (assim chamado por essa cidade, situada aproximadamente 800 km ao sul da capital, Santiago, ter sido a mais atingida). O epicentro foi nas proximidades de uma cidade vizinha, Cañete. Esse terremoto chegou a 9,5 na escala Richter e gerou um *tsunami* que atravessou o Oceano Pacífico matando pessoas no Havaí e nas Filipinas. O número de vítimas fatais (em torno de 1 600), no entanto, foi relativamente pequeno em relação a outros grandes terremotos, como o do Haiti (2010), com 316 mil mortos, ou o já destacado terremoto seguido de *tsunami* ocorrido em 2004 na Indonésia.



Fonte: ATLAS National Geographic: América do Sul. São Paulo: Abril, 2008. v. 1. p. M4. Adaptação.

Os terremotos que ocorrem em virtude de pequenas falhas geológicas ou acomodação de terrenos no subsolo, em geral, são bem menos destrutivos que aqueles produzidos pelo choque entre Placas Tectônicas, nas zonas de convergência (sejam elas de subducção, sejam de obducção), ou quando elas se atiram umas nas outras, nas zonas de transformação (conforme foi estudado na unidade 4).

Assim, a identificação dos locais na crosta terrestre onde ocorrem choques entre as Placas Tectônicas revela, simultaneamente, os lugares mais propícios à ocorrência de terremotos com maior magnitude e de *tsunamis*.



Pesquise os locais onde foram registrados os mais recentes terremotos no Brasil, fornecendo os detalhes acerca desses abalos sísmicos. Registre suas conclusões nas linhas a seguir.

Diferentes impactos sociais

Os impactos produzidos pelas violentas catástrofes naturais, sejam elas decorrentes de outras causas (furacões, deslizamentos de encostas, tornados, erupções vulcânicas, secas ou cheias prolongadas, etc.), sejam particularmente o caso dos grandes terremotos e *tsunamis*, revelam a fragilidade humana diante das forças da natureza.

A vulnerabilidade das sociedades aos efeitos desses episódios, no entanto, é relativa. Países de economia mais forte e com menor índice de pobreza entre seus habitantes, mesmo quando situados em áreas de risco, tendem a enfrentar melhor essas catástrofes, minimizando as perdas humanas e materiais. Por outro lado, se o cenário é oposto, os efeitos podem ser ainda mais devastadores.

Conexões

Leia, na página 66 do material de apoio, a reprodução de trechos de um artigo sobre o maior terremoto do Haiti, em 2010. Em seguida, compare a situação descrita naquele texto com o conteúdo desta matéria.

Treinamento para terremotos é rotina na vida dos japoneses

O Japão é um país cuja população convive constantemente com desastres naturais. Estrangeiros que se mudam para o país são incentivados a aprender os procedimentos de segurança que já fazem parte do cotidiano dos japoneses.

[...]

As casas e prédios no Japão são construídos com a preocupação de amortecer o impacto dos tremores de diferentes intensidades. Os menos intensos podem acontecer várias vezes ao mês e muitas vezes passam despercebidos pela população. No entanto, há vários perigos a serem evitados dentro de casa quando eles são de alta intensidade.

Mesas são os abrigos mais utilizados dentro de casa para se proteger de objetos que podem cair durante o terremoto. As portas também são reforçadas para evitar que fiquem presas. Portas travadas impediriam a fuga dos moradores em caso, por exemplo, de incêndios, que são muito comuns após terremotos.

Quando uma família se muda, eles procuram conhecer a vizinhança da nova casa. Um dos pontos mais importantes é conhecer qual é o abrigo mais próximo. Os abrigos ou refúgios são facilmente reconhecíveis porque são indicados por placas e as autoridades informam os moradores da região. Geralmente, grandes escolas, ginásios e centros esportivos são utilizados como refúgios, e a população é recomendada a se dirigir para eles nos casos de danos severos nas residências ou, ainda, caso não haja água e eletricidade disponíveis.

Além da proteção física, membros de uma família são incentivados a combinar pontos de encontro para que em caso de um terremoto de grandes proporções eles possam se encontrar, uma vez que em eventos catastróficos as linhas telefônicas ficam congestionadas.

É muito comum as famílias japonesas terem em casa mochilas com comida e água armazenadas para o caso de catástrofes ou fuga para os refúgios.

A preocupação dos japoneses com procedimentos de segurança é tanta que desde 1960 eles têm até mesmo um feriado no dia 1.º de setembro, chamado “*bousai no hi*”, que em tradução literal significa “dia de prevenção de acidentes”. O dia foi escolhido para lembrar aos japoneses do grande terremoto de Tóquio ocorrido em 1.º de setembro de 1923.

Neste dia, todo tipo de treinamento de resgate é refeito. Da mesma forma, os equipamentos disponíveis e os mantimentos estocados são verificados. Em universidades, por exemplo, é possível ver os funcionários e professores treinando os procedimentos de segurança e orientando os alunos sobre a quais lugares eles devem se dirigir em caso de um desastre real.

Em uma famosa instituição de pesquisa japonesa, o Instituto Tecnológico de Tóquio, é possível ver indicações nos corredores em todos os andares descrevendo a rota de fuga do prédio. A vistoria dentro dos prédios é rigorosa. Qualquer caixa ou móvel que esteja no caminho da rota de fuga é retirado. [...]



■ Japoneses se abrigam sob as mesas, no *bousai no hi*. Tóquio – Japão, 2011.

LARANGEIRA, Mário. *Treinamento para terremotos é rotina na vida dos japoneses*. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/mundo/asia/treinamento-para-terremotos-e-rotina-na-vida-dos-japoneses,724805b1738ea310VgnCLD200000bbccceb0aRCRD.html>>. Acesso em: 16 maio 2014.

A respeito dos dois textos, discuta com os colegas sobre as seguintes questões.

1. O investimento em melhor infraestrutura e treinamento poderia ter minimizado os efeitos do terremoto de 2010 no Haiti?
2. Até que ponto é viável implementar esse tipo de procedimento, comum em países desenvolvidos como o Japão, em países mais pobres?

Se, na atualidade, o Japão é referência mundial no que diz respeito à prevenção de terremotos, isso é fruto tanto de sua elevada condição socioeconômica quanto da experiência adquirida em tragédias do passado. No terremoto ocorrido em Tóquio, em 1923, a maioria das 142 mil mortes ocorreu em virtude dos incêndios que se seguiram ao tremor, provocados por rompimentos nas tubulações de gás e construções com materiais inflamáveis. Com a cidade destruída e as ruas interditadas, os bombeiros não tinham acesso para combater o fogo e socorrer as vítimas.

Esse tipo de situação ainda é comum em países periféricos, como Haiti e Paquistão, onde a fragilidade de edificações, a precariedade de instalações elétricas e redes de gás, a má qualidade de estradas e vias de acesso, a ausência de planos de ação que envolvam as autoridades e a população e até a própria ineficiência dos serviços essenciais (bombeiros, hospitais, defesa civil, etc.) são problemas rotineiros.

Glowimages/Corbis/Godong/Pascal Deloche



■ Construções afetadas pelo terremoto em Porto Príncipe – Haiti, 2010.

Glowimages/Rex Sinopix



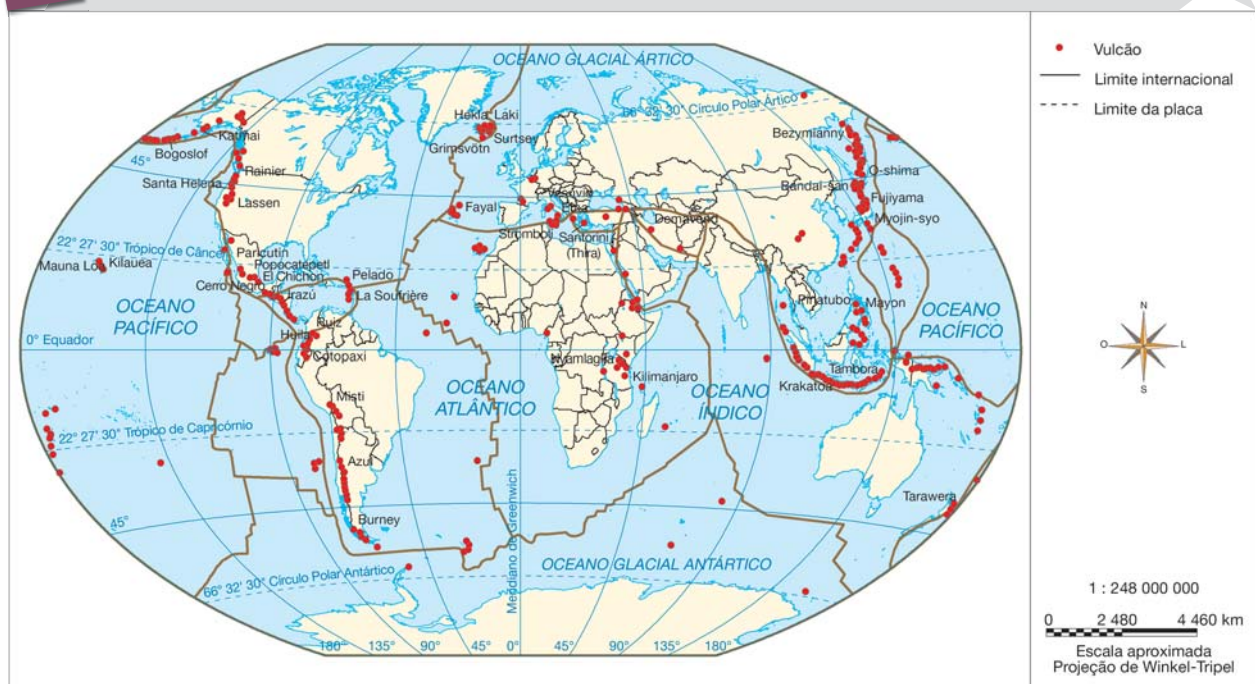
Glowimages/Rex Sinopix



Como se formam os vulcões?

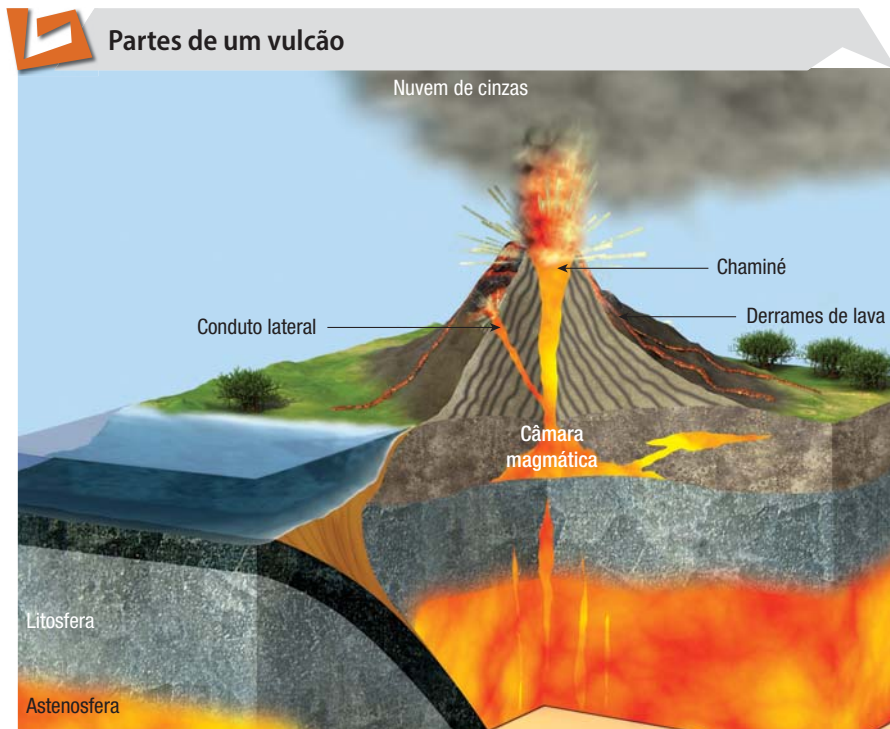


DISTRIBUIÇÃO DOS PRINCIPAIS VULCÕES



Fonte: PRESS, Frank et al. *Para entender a Terra*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. p. 158. Adaptação.

Entre a crosta terrestre e o manto, sob elevadas temperatura e pressão, o material rochoso pode ser parcialmente fundido, gerando o magma. Os locais onde o magma se acumula são chamados de câmaras magmáticas, que podem se situar ainda na crosta terrestre ou na porção mais externa do manto (o chamado “manto superior”), em profundidades que variam de 5 km a 20 km. Diversos fatores, como o aumento da temperatura ou da pressão interna ou a penetração de água ou outros materiais fluidos nas câmaras magmáticas, podem provocar a extrusão do magma acumulado, ou seja, sua subida até a superfície através de canais chamados dutos de lava ou chaminés. À medida que o vulcão expele a lava, forma-se o cone vulcânico (embora, dependendo da viscosidade da lava, em alguns casos isso não ocorra) em torno da cratera principal, abertura no topo da chaminé central do vulcão – pode haver dutos secundários, gerando outras crateras. Confira, na ilustração, a estrutura clássica das partes de um vulcão.



Fonte: PRESS, Frank et al. *Para entender a Terra*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. p. 144.

Nos casos em que a extrusão do material é dificultada por algum motivo, a câmara magmática pode, literalmente, explodir. Em 1883, na Ilha de Cracatoa, na Indonésia, uma explosão vulcânica atirou piroclastos (pedras vulcânicas, algumas delas incandescentes) a 27 km de altitude, lançando uma quantidade tão grande de cinzas na atmosfera que o clima terrestre ficou alterado por alguns anos e gerando *tsunamis* gigantescos que atravessaram o planeta pelos oceanos Índico e Pacífico. Essa é considerada a maior erupção vulcânica já registrada na história. Milhares de pessoas perderam a vida nos eventos a ela relacionados.

Quanto à atividade, os vulcões podem ser classificados em ativos, dormentes ou extintos. No entanto, tal classificação deve ser tomada com reservas, considerando que o intervalo entre as erupções pode demorar até milhões de anos, dificultando que, no curto período de seu tempo histórico, a humanidade possa contabilizar tais fenômenos com exatidão. Além disso, elas têm durações variáveis e irregulares. Há vulcões, como o Stromboli, na Itália, que estão em permanente erupção há mais de mil anos. Já o Kilawea, no Havaí, que está em erupção desde janeiro de 1983, é considerado o vulcão mais ativo do mundo na atualidade.

Em alguns casos, no entanto, a dinâmica das forças da natureza, conduzindo silenciosamente as câmaras magmáticas ao limite da pressão interna, dificulta que se percebam os sinais de uma erupção iminente. Um bom exemplo disso foi a tragédia de Cracatoa (localizada entre as ilhas de Java e Sumatra, no Sudeste Asiático): o vulcão que a originou era, até então, considerado extinto.

Quanto ao número de vulcões existentes, também há controvérsias. Há quem os considere isoladamente (cada cone vulcânico correspondendo a um vulcão) e há quem trabalhe com os conceitos de “edifícios vulcânicos” (medidos em dezenas de quilômetros e contendo diversas aberturas individuais) ou “campos vulcânicos” (medidos em centenas de quilômetros e contendo diversos “edifícios”).



LatinStock/Corbis/Arcaid/Natalie Tepper

■ A Islândia é marcada por intensa atividade vulcânica. Vulcão Eyjafjallajökull – Islândia, 2010.

Consequências do vulcanismo

Os perigos associados às erupções vulcânicas são vários:

- a lava que escorre pelas encostas do vulcão pode atingir povoados e cidades a quilômetros de distância, destruindo tudo em seu caminho;
- os piroclastos lançados, além de atingir pessoas, podem provocar danos materiais e incêndios;
- os gases tóxicos emitidos, em especial o SO_2 (dióxido de enxofre), são nocivos à saúde e provocam a ocorrência de **chuvas ácidas**;
- as cinzas vulcânicas prejudicam o tráfego aéreo, dificultando a visibilidade dos pilotos, interferindo nos sensores e, em alguns casos, entrando pelas turbinas, podendo provocar acidentes;
- as partículas provenientes da erupção que ficam em suspensão na atmosfera podem atuar refletindo a radiação solar de volta para o espaço, diminuindo a quantidade de energia que atinge a superfície terrestre e alterando o clima, trazendo sérias consequências à agricultura;
- podem ocorrer explosões de expressiva magnitude, como a que houve em Cracatoa, gerando outros efeitos diversos, como *tsunamis* e terremotos.

Por todos esses motivos, os habitantes das proximidades de vulcões – especialmente quando eles são ativos – vivem em uma situação de permanente risco e vulnerabilidade. No entanto, o conhecimento científico e as técnicas de monitoramento disponíveis na atualidade possibilitam que a maioria das erupções sejam previstas com elevado grau de precisão. Os vulcões mais ativos do planeta são permanentemente vigiados por cientistas e, ao menor sinal de perigo, uma série de medidas é tomada, variando desde a emissão de breves alertas até, em casos extremos, o indicativo de evacuação da área. Dessa forma, atualmente, há menos possibilidades de a humanidade ser pega de surpresa por tragédias como a de Cracatoa.

Apesar dessa maior facilidade para prevenção, não há, obviamente, como impedir a ocorrência de erupções vulcânicas e de muitos dos transtornos a elas associados. Em 2010, as cinzas expelidas pela erupção do vulcão islandês Eyjafjallajökull obrigou o cancelamento de centenas de voos na Europa, complicando o tráfego aéreo global. No ano seguinte, foi a vez do vulcão Puyehue, no Chile, gerar o mesmo problema na América do Sul.

O caso do Círculo de Fogo

As regiões situadas nos limites de convergência das Placas Tectônicas são as que apresentam as maiores atividades tectônicas na crosta terrestre. Além disso, o Oceano Pacífico apresenta litorais ativos pelo fato de a Placa do Pacífico estar mergulhando sob os continentes e as placas que a delimitam, caracterizando zonas de subducção.

As **chuvas ácidas** podem ter origem antrópica ou natural. Os gases tóxicos reagem na atmosfera formando ácidos que, diluídos, precipitam com a chuva. Dessa forma, a água das chuvas apresenta pH bem mais ácido que o normal (considerando que, geralmente, a chuva já apresenta pH levemente ácido), causando uma série de prejuízos à natureza, aos seres humanos e às edificações.



Glowimages/AP Photo/Alfredo Leiva

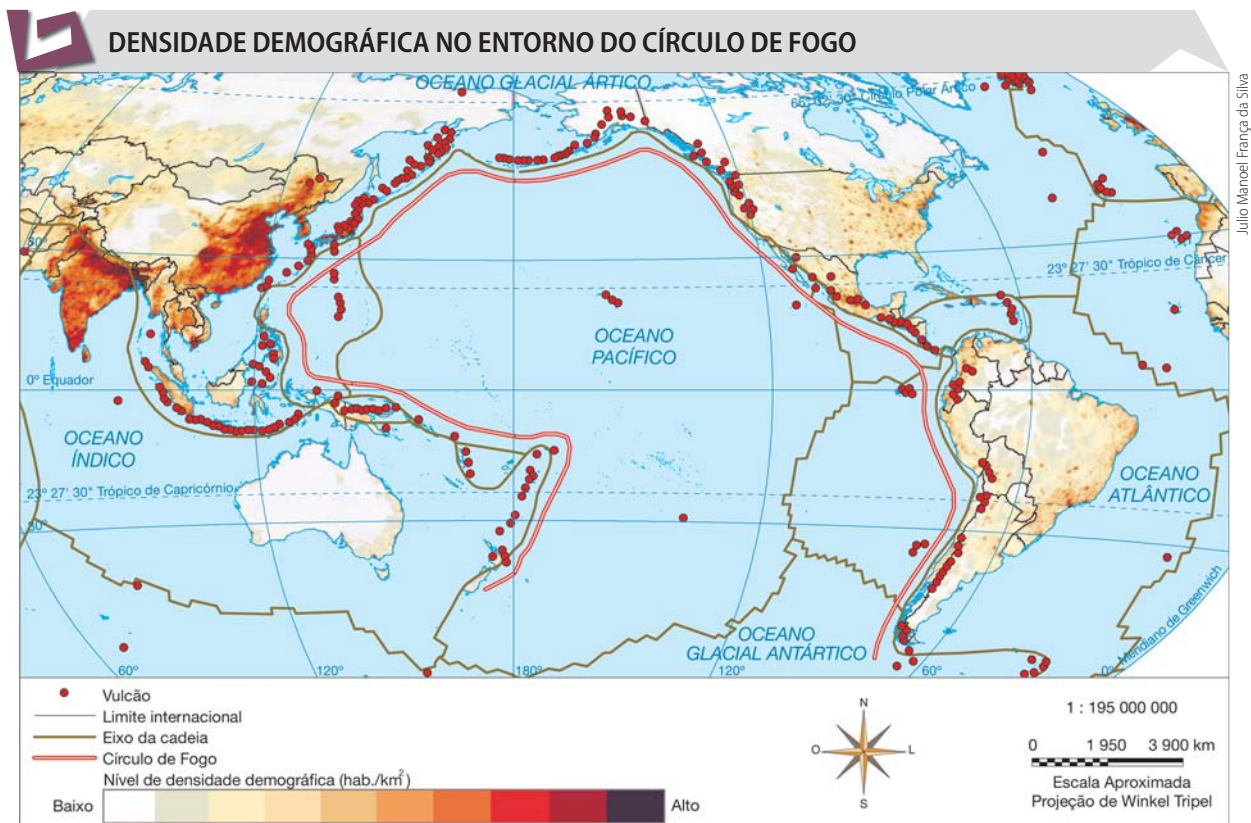
■ Avião coberto de cinzas no aeroporto de Bariloche – Argentina, 2011

Tais fatores explicam a expressiva ocorrência de terremotos e *tsunamis*, bem como a presença de elevado número de vulcões ativos ao longo das margens do Oceano Pacífico. De acordo com a *National Geographic*, há 452 vulcões em atividade ao longo do Círculo de Fogo. Outras fontes indicam que aproximadamente 90% dos terremotos de maior magnitude e ao menos 75% das erupções vulcânicas (incluindo a do vulcão chileno Puyehue) ocorrem nesse local.



Fonte: WICANDER, Reed; MONROE, James S. *Fundamentos de Geologia*. Tradução de Harue Ohara Avritcher. Revisão técnica de Maurício Antônio Carneiro. São Paulo: Cengage Learning, 2009. p. 118. Adaptação.

Observe, no mapa a seguir, como muitas regiões situadas ao longo do Círculo de Fogo são densamente povoadas. Essas populações, ao contrário da brasileira, por viverem em uma região comumente impactada por terremotos, *tsunamis* e erupções vulcânicas, precisam estar sempre alertas, pois habitar territórios vulneráveis implica correr riscos.



Fonte: IBGE. *Atlas geográfico escolar*. 6. ed. Rio de Janeiro, 2012. p. 70. Adaptação.

Convém destacar também que os riscos tendem a se elevar à medida que se identificam condições socioeconômicas menos privilegiadas. Há diversos países pobres situados ao longo do Círculo de Fogo. Mesmo quando o país é desenvolvido, isso não impede que haja uma parcela de sua população vivendo em situação de maior vulnerabilidade socioeconômica. Enfim, ricos e pobres estão igualmente sujeitos aos impactos das forças da natureza, mas os efeitos decorrentes podem ser assimilados de formas diferentes, produzindo consequências bem distintas entre esses grupos.

Conexões

O lado positivo do vulcanismo

Apesar de todos os inconvenientes, viver próximo a vulcões também tem seu lado positivo quando as sociedades utilizam técnicas para desfrutar das condições existentes. Países como a Islândia – que, por se situar exatamente sobre a Dorsal Mesoatlântica, conta com vários vulcões ativos – exploram largamente a **energia geotérmica**.

Na Islândia, além da geração de energia, a presença de vulcões, gêiseres e estações de águas termais impulsiona fortemente a indústria do turismo. Em alguns locais, as duas atividades (produção de energia e turismo) podem coexistir, usufruindo do mesmo território. Observe a imagem a seguir.

energia geotérmica: em locais onde existe atividade vulcânica, fendas na crosta terrestre ou ocorrência de fontes termais de origem geológica, a presença de magma efervescente e rochas com elevadas temperaturas no subsolo pode aquecer as águas e produzir depósitos subterrâneos de vapor-d'água. O calor do interior do planeta (ou geotérmico) pode ser utilizado de forma direta para aquecimento de edifícios e estufas. As águas aquecidas e o vapor delas proveniente também podem ser captados, por meio da perfuração do solo, e utilizados nas usinas geotérmicas para geração de energia.



► Turistas desfrutam das águas quentes em um spa situado próximo a uma usina geotérmica. Islândia, 2012.

Além do turismo e da geração de energia, o vulcanismo foi responsável pelo surgimento de diversos arquipélagos nos oceanos, como o Havaí. Muitos locais onde, no passado, houve derrame de lavas vulcânicas atualmente apresentam alguns dos tipos de solos mais férteis do mundo, como o de "terra roxa" (tipo de solo de origem basáltica, de cor avermelhada, *rossa*, em italiano) existente no Brasil, no interior dos estados do Paraná e de São Paulo.

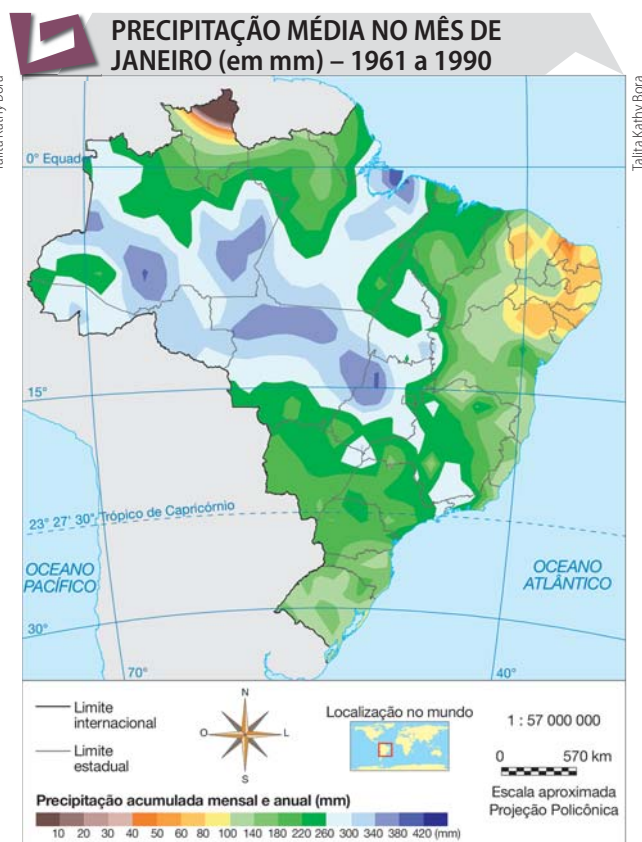
Áreas de risco no Brasil: a questão da ocupação em encostas

O território brasileiro pode não ser atingido por erupções vulcânicas, terremotos avassaladores ou *tsunamis*, no entanto, uma significativa parcela de sua população vive em áreas de risco por outros fatores naturais. Trata-se da combinação, principalmente nas regiões situadas próximas à costa, da elevada pluviosidade (típica de alguns dos tipos climáticos aqui existentes) com a presença de muitas áreas serranas.

Observe, nos mapas a seguir, como o Brasil apresenta terrenos dobrados nas proximidades do litoral (avancando mais para o interior, particularmente na Região Sudeste) e como é elevada a quantidade de chuvas que costuma cair sobre essas mesmas áreas – sobretudo no mês de janeiro, quando estamos no verão (estação chuvosa).



Fonte: IBGE. Atlas geográfico escolar. 6. ed. Rio de Janeiro, 2012. Adaptação.



Fonte: INMET. Normais climatológicas do Brasil 1961-1990. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais/>>. Acesso em: 27 maio 2014. Adaptação.

Considerando que a maioria dos brasileiros reside em regiões próximas ao litoral e que significativa parcela da população, pela condição de baixa renda, enfrenta dificuldades para habitar locais mais seguros e valorizados – por vezes, tendo como única opção habitar moradias precárias em áreas de favelas, muitas situadas nas encostas de morros –, esta se revela uma combinação de fatores que os insere em situação de vulnerabilidade.

Encostas de montanhas são terrenos sensíveis e apresentam possibilidade de ocorrência de deslizamentos de terra. As serras litorâneas brasileiras são naturalmente sujeitas a deslizamentos em virtude da inclinação dos terrenos e do excesso de umidade, que torna os solos mais instáveis. Na Serra do Mar, por exemplo, independentemente das ações antrópicas, sempre houve deslizamentos.



■ Deslizamentos em áreas florestadas na Serra do Mar. Teresópolis – RJ, 2011.

No entanto, a ação humana potencializa o problema. Pelas características naturais descritas, torna-se perigoso desmatar e ocupar essas áreas de encostas. A falta de vegetação deixa os solos mais expostos à erosão. Além disso, sem as raízes das plantas, eles ficam mais instáveis e tendem a perder a adesão ao substrato rochoso. Em algumas áreas próximas a centros urbano-industriais, a ocorrência de chuvas ácidas também pode contribuir para essa situação.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os movimentos de massa resultantes de instabilidades em encostas são classificados em quatro categorias. Confira-as no quadro a seguir.

MOVIMENTOS DE MASSA VERIFICADOS EM ENCOSTAS		
Ilustrações: Divio, 2014. Digital.	Queda/rolamento	 Desprendimento de fragmentos do terreno, de qualquer tamanho, que caem de certa altura em queda livre ou com qualquer outra trajetória e tipo de movimento.
	Tombamento	 Movimento de massa em forma de báscula com eixo na base.
	Escorregamento	 Movimento de massa por deslocamento sobre uma ou mais superfícies.
	Escoamento	 Movimento de massa com propriedades de fluido, lento ou rápido (corrida).

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 11682.

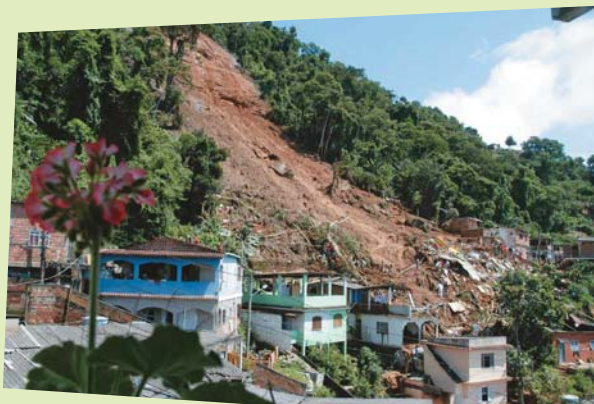
Nos últimos anos, a cada verão, centenas de brasileiros têm sido vítimas (muitas delas fatais) dos deslizamentos de encostas, especialmente dos tipos classificados como “escorregamento” e “escoamento”. Os locais das tragédias têm variado, principalmente, entre a Região Sul e o litoral oriental nordestino. Quando a estação das chuvas mais pronunciadas inicia, invariavelmente, ano após ano, algumas encostas vão abaixo, soterrando casas e matando pessoas.

báscula: que faz movimento “basculante”, com um dos lados preso e o outro se movendo.



Fotoarena/Nelson Antoine

■ Deslizamentos no Morro do Baú e arredores soterram dezenas de casas e propriedades rurais. Ilhota – SC, novembro de 2008.



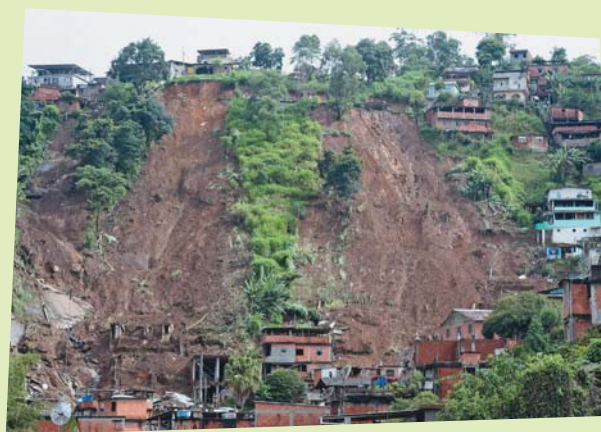
Futura Press/Diário do Vale/Felipe de Souza

■ Deslizamento de uma encosta na Serra do Mar. Angra dos Reis – RJ, 2 de janeiro de 2010.



Pulsar Imagens/Luciana Whitaker

■ Deslizamento em uma favela construída sobre um antigo lixão no Morro do Bumba. Niterói – RJ, abril de 2010.



Fotoarena/Wagner Meier

■ Deslizamentos de terra matam centenas de pessoas na região serrana do Rio de Janeiro naquele que foi considerado o maior desastre natural já ocorrido no Brasil. Nova Friburgo – RJ, janeiro de 2011.



Futura Press/Ag. A Tarde/Elói Corrêa

■ Deslizamento de encosta causado por fortes chuvas em Salvador – BA. Foto de 2010.



Folhapress/Silva Junior

■ Deslizamento atinge dezenas de veículos e interdita túnel na Rodovia dos Imigrantes – SP, em 23 de fevereiro de 2013.



Organize as ideias



Com base no que você estudou nesta unidade, preencha o quadro a seguir de forma objetiva e sintética.

	Terremotos	Erupções vulcânicas	Deslizamentos de encostas
Causas			
Consequências			
Locais mais afetados no mundo/incidência no Brasil			
Ações para minimizar as consequências			



Hora de estudo

1. Por que terremotos mais fracos, às vezes, podem ser mais destrutivos que outros mais fortes?

2. Por que não há vulcões ativos no Brasil?

3. Entre as cinco regiões brasileiras, qual está mais sujeita à ocorrência de tragédias provocadas por deslizamentos de encostas? Por quê?

4. (ENEM)

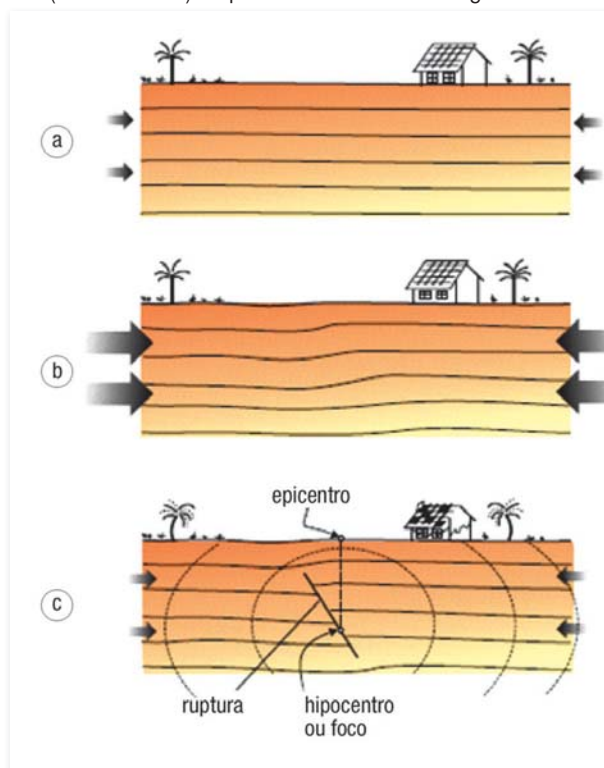
De repente, sente-se uma vibração que aumenta rapidamente; lustres balançam, objetos se movem sozinhos e somos invadidos pela estranha sensação de medo do imprevisto. Segundos parecem horas, poucos minutos são uma eternidade. Estamos sentindo os efeitos de um terremoto, um tipo de abalo sísmico.

ASSAD, L. Os (não tão) imperceptíveis movimentos da Terra. *ComCiência: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico*, n. 117, abr. 2010. Disponível em: <<http://comciencia.br>>. Acesso em: 2 mar. 2012.

O fenômeno físico descrito no texto afeta intensamente as populações que ocupam espaços próximos às áreas de

- a) alívio da tensão geológica.
- b) desgaste da erosão superficial.
- c) atuação do intemperismo químico.
- d) formação de aquíferos profundos.
- e) acúmulo de depósitos sedimentares.

5. (CEFET – MG) A questão refere-se à imagem abaixo.



TEIXEIRA et al. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

Sobre a dinâmica geológica apresentada, é correto afirmar que se

- a) observa a geração de um sismo por liberação de esforços em uma ruptura.
- b) evidenciam áreas de subducção com mergulho de uma camada sobre a outra.
- c) percebem camadas que se comprimem e acumulam energia no núcleo terrestre.
- d) destacam diferentes linhas de ruptura que propagam vibrações para a superfície.

e) ressalta uma zona de metamorfismo com deformação de rochas sedimentares químicas.

6. (ENEM) Muitos processos erosivos se concentram nas encostas, principalmente aqueles motivados pela água e pelo vento. No entanto, os reflexos também são sentidos nas áreas de baixada, onde geralmente há ocupação urbana. Um exemplo desses reflexos na vida cotidiana de muitas cidades brasileiras é

a) a maior ocorrência de enchentes, já que os rios assoreados comportam menos água em seus leitos.

b) a contaminação da população pelos sedimentos trazidos pelo rio e carregados de matéria orgânica.

c) o desgaste do solo nas áreas urbanas, causado pela redução do escoamento superficial pluvial na encosta.

d) a maior facilidade de captação de água potável para o abastecimento público, já que é maior o efeito do escoamento sobre a infiltração.

e) o aumento da incidência de doenças como a amebíase na população urbana, em decorrência do escoamento de água poluída do topo das encostas.

7. (UFPR)

Os escorregamentos, também conhecidos como deslizamentos, são processos de movimentos de massa envolvendo materiais que recobrem as superfícies das vertentes ou encostas, tais como solos, rochas e vegetação. Estes processos estão presentes nas regiões montanhosas e serranas em várias partes do mundo, principalmente naquelas onde predominam climas úmidos. No Brasil, são mais frequentes nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste.

TOMINAGA, L. K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). *Desastres naturais: conhecer e prevenir*. Cap. 9, p. 27-38. Instituto Geológico, São Paulo, 2009.

Sobre esses processos, considere as seguintes afirmativas:

1. Os escorregamentos consistem em importante processo natural que atua na dinâmica das vertentes, fazendo parte da evolução do relevo terrestre, principalmente nas regiões serranas.

2. Nos grandes centros urbanos, os escorregamentos assumem frequentemente proporções catastrófi-

cas, uma vez que cortes nas encostas, depósitos de lixo, entre outras ações promovidas pelo homem geram novas relações com os fatores condicionantes naturais.

3. É necessário que o ser humano deixe de devastar as florestas, impermeabilizar os solos e contaminar os rios para que não mais ocorram os escorregamentos.

4. A origem vulcânica do relevo brasileiro gerou um conjunto de serras propícias para os escorregamentos, que acarretam grandes prejuízos e perdas significativas, inclusive de vidas humanas.

Assinale a alternativa correta.

a) Somente as afirmativas 3 e 4 são verdadeiras.

b) Somente as afirmativas 1, 2 e 4 são verdadeiras.

c) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.

d) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.

e) As afirmativas 1, 2, 3 e 4 são verdadeiras.

8. (FUVEST – SP) O vulcanismo é um dos processos da dinâmica terrestre que sempre encantou e amedrontou a humanidade, existindo diversos registros históricos referentes a esse processo.

Sabe-se que as atividades vulcânicas trazem novos materiais para locais próximos à superfície terrestre. A esse respeito, pode-se afirmar corretamente que o vulcanismo:

a) é um dos poucos processos de liberação de energia interna que continuará ocorrendo indefinidamente na história evolutiva da Terra.

b) é um fenômeno tipicamente terrestre, sem paralelo em outros planetas, pelo que se conhece atualmente.

c) traz para a atmosfera materiais nos estados líquido e gasoso, tendo em vista originarem-se de todas as camadas internas da Terra.

d) ocorre quando aberturas na crosta aliviam a pressão interna, permitindo a ascensão de novos materiais e mudanças em seus estados físicos.

e) é o processo responsável pelo movimento das placas tectônicas, causando seu rompimento e o lançamento de materiais fluidos.

Material de apoio



O caos depois do desastre

[...]

Sob as trevas da noite o pavor aumenta. Os raros focos de luz são dos faróis de carros, dos postes de quartéis com geradores e das fogueiras... Assustadoras fogueiras alimentadas por escombros e corpos. Do Hospital-Geral de Porto Príncipe emergem urros de dor de pacientes. [...] Um lugar de horrores, onde se aguarda a vez de morrer, ao lado de cachorros, lixo e do odor onipresente da gangrena. No pátio do hospital, feridos tentam sobreviver em colchonetes, ao ar livre e sob tendas. [...]

Em Porto Príncipe, os vivos dormem nas ruas; os mortos, nos escombros. Os números da catástrofe já parecem não fazer nenhum sentido. Foram 75 000 corpos lançados em fossas, mas quem os contou? Praticamente inexistente, o governo anuncia planos de transferir 400 000 desabrigados da capital para acampamentos organizados nas imediações da cidade destruída. Como? Quando? Por enquanto, dorme-se sob o céu negro e o calor asfixiante do Caribe, sentindo-se o cheiro fétido das fogueiras humanas. São os momentos mais perigosos para a sobrevivência dos haitianos, quando os mais fortes encontram a cumplicidade da noite para atacar os mais fracos. [...] O Haiti, que sempre viveu próximo da barbárie, agora se queima por completo nela.

Quem tem parentes ou um fiapo de esperança fora da capital se amontoa em ônibus ou barcos superlotados, num êxodo esfarrapado rumo ao interior. A maioria não tem nada e vaga pela cidade. A sobrevivência agora se dá nas ruas, na grande lixeira na qual se tornou a capital haitiana. Praças viraram favelas, campos de várzea transformaram-se em camas. Os poucos motoristas andam na contramão, buzina sem motivo. Emergiram duas classes de haitianos: os tendistas, aqueles cidadãos mais afortunados, que conseguiram estender seus pertences em uma lona nas praças, e os demais, que dormem direto no asfalto ou em calçadas. Os tendistas levam vantagem na luta pela sobrevivência. Por concentrarem grandes massas humanas, estão mais protegidos dos ataques de gangues – e se tornam mais visíveis aos voluntários que distribuem água e comida.

Porto Príncipe queima diferente em diferentes lugares. A Praça Boyer, em Pétiön-Ville, bairro menos devastado da capital, é um condomínio classe A para os padrões haitianos pós-terremoto. Ali, como em outras praças, há crianças e bebês chorando, filetes de esgoto nas calçadas, dejetos. Há, porém, vendinhas de batata e banana verde, que podem ser compradas por poucos *gourdes*, a moeda haitiana. Alguma água chega por intermédio de doações internacionais. Num gesto que ilustra a formidável capacidade de resistência do ser humano, um grupo de professores e voluntários criou uma escolinha na praça. Eles cuidam de 270 crianças, dando aulas de Francês, Matemática e Ciências, intercaladas com atividades lúdicas de canto e dança. As crianças sentam-se num chão de pedra para participar das atividades. Muitas têm sede e fome – 39 delas são órfãs. Diz Clarénce Johnny, coordenador da escolinha improvisada: “É uma forma de ocupar a cabeça das crianças e tentar fazer com que elas olhem para frente”. Eram 17 horas, e ele estava dando aula em jejum.

As praças do centro da cidade, região onde só há ruínas, oferecem menos regalias aos haitianos. De longe, a Champ de Mars, que fica diante do que restou do Palácio Presidencial, assemelha-se a uma imensa feira de ambulantes, tal a profusão de lonas e barracas coloridas. De perto, é um pestilento amontoado humano. Há crianças tomando banho com água do esgoto, mães prostradas em pedaços de papelão, fezes e urina pelo chão, cachorros e porcos revirando o lixo a céu aberto. [...]

A fome e a sede levaram multidões de haitianos a invadir lojas, supermercados, casas. Moralmente, parece existir uma divisão: pegar comida, água ou qualquer coisa para colocar entre o corpo e o mundo devastado onde vivem é aceitável. Quem não faria o mesmo no maior de todos os estados de necessidade? Já saquear com o objetivo de revender é condenável e pode ser punido com a justiça das ruas ou os tiros dos policiais que, aleatoriamente, tentam estender um esgarçado véu de ordem sobre o caos. [...]

As grandes catástrofes têm um aspecto surreal. O que é mais necessário parece óbvio: água, comida, energia, socorro médico. De repente, alguém pensa: dinheiro também, como a sociedade vai se manter sem ele? E lá foram forças da ONU, incluindo militares brasileiros, resgatar os cofres dos bancos – num momento em que ainda se conseguia resgatar sobreviventes. [...]

ESCOSTEGUY, Diego. *O caos depois do desastre*. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/270110/caos-depois-desastre-p-066.shtml>>. Acesso em: 16 maio 2014.